

Analisis Komposit Menggunakan Thermoplastik HDPE Sebagai Matriks dan Nanopartikel Bambu Hitam

Hendrawan Sukma¹, Megara Munandar²

Universitas Pancasila Jakarta

hsukma98@gmail.com

Abstract

Nanoparticles have sizes ranging from 1 to 100 nanometers. In producing nano-sized materials, two methods are used: top-down and bottom-up. This study uses the top-down method, which involves breaking down the material's structure from larger to smaller sizes. During the production process, nanoparticles were processed using mesh 300 and then continued with mesh 400. The results of the sieving were followed by morphological and chemical characterization tests. Based on SEM testing with a magnification of 25,000x, SEM results show that black bamboo nanoparticles older than 1 year have a clumped, imperfectly round, and elongated particle structure. EDX testing reveals the chemical content of black bamboo with a carbon (C) content percentage of 81.6%. The carbon element is created from the process of converting bamboo fibers into nanoparticles using a blender. Additionally, there is an oxygen (O) content percentage of 14.5% and a nitrogen (N) content of 4%. FTIR (Fourier Transform Infrared) functional group testing was performed before mixing with HDPE thermoplastic. The functional groups of black bamboo nanoparticles indicate the presence of several compounds. This testing identified compounds such as alkenes, esters, alkynes, alkanes, and phenols. XRD testing shows a peak at an intensity of 21.94263. This peak indicates an amorphous form because it is broad and flat. This suggests that the structural characteristics significantly influence the level of order and disorder of black bamboo nanoparticles. UV-VIS testing using ultraviolet wavelengths with a 10 mL alcohol mixture showed that the UV-VIS spectrum graph with a 1:10 ratio reached a wavelength peak of 972.00 WL/nm and an absorption of 4.000. With a 20 mL alcohol mixture, the UV-VIS spectrum graph with a 1:20 ratio reached a wavelength peak of 979.00 WL/nm and an absorption of 4.000. Tensile testing shows that the highest tensile stress is found in the composition of 60% HDPE and 40% black bamboo nanoparticles, with an average tensile stress value of 21.3 MPa and an average strain of 0.98%. In the 50% HDPE and 50% black bamboo nanoparticles variation, the tensile stress value decreased to an average of 19.6 MPa. The lowest tensile stress was shown by the 70% HDPE and 30% black bamboo nanoparticles variation, with an average tensile stress value of 15 MPa and the highest strain value of 1.2%. The material samples were produced using a Hotpress machine.

Abstrak

Nanopartikel mempunyai ukuran antara 1 hingga 100 nanometer. Dalam membuat material berukuran nano menggunakan dua metode top down dan bottom – up. Pada penelitian ini menggunakan metode top – down, metode ini dilakukan untuk memecah struktur material dari besar menjadi kecil. Pada proses pembuatannya nanopartikel menggunakan mesh 300 dan dilanjutkan pada mesh 400. Hasil dari penyaringan dilakukan pengujian karakterisasi morfologi dan kimia. Berdasarkan pengujian SEM menggunakan perbesaran 25.000x Hasil pengujian SEM menunjukkan bahwa nanopartikel bambu hitam dengan umur diatas 1 tahun memiliki struktur partikel yang menggumpal, bulat tidak sempurna dan panjang. Pengujian EDX menunjukkan hasil Kandungan kimia yang ada pada bambu hitam terdapat presentase kandungan carbon (C) sebesar 81.6%, Unsur carbon tercipta dari proses perubahan serat bambu menjadi Nanopartikel menggunakan mesin blender. Lalu ada presentase kandungan Oksigen (O)14.5% dan Kandungan Nitrogen (N) sebesar 4%. gugus fungsi Pengujian FTIR (Fourier Transform Infra Red) dilakukan sebelum pencampuran dengan thermoplastik HDPE. Gugus fungsi dari nanopartikel

Article History

Submitted: 2 November 2024

Accepted: 7 November 2024

Published: 8 November 2024

Key Words

Nanoparticles, Composite, Morphological and chemical testing, Injection molding, Tensile testing, Hotpress

Sejarah Artikel

Submitted: 2 November 2024

Accepted: 7 November 2024

Published: 8 November 2024

Kata Kunci

Kemampuan Memukul, Daya Ledak Otot Lengan, Keseimbangan, Softball.

bambu hitam menunjukkan beberapa senyawa yang ada. Pengujian ini mendapatkan hasil senyawa, alkena, ester, alkuna, alkana, dan fenol. Pengujian XRD menunjukkan puncak (peak) terjadi pada intensitas 21.94263. Puncak tersebut menunjukkan bentuk amorf karena puncak tersebut lebar dan landai. Hal ini mengindikasikan karakteristik struktur cukup memberikan pengaruh yang signifikan pada tingkat keteraturan dan ketidakteraturan nanopartikel bambu hitam. Pengujian UV-VIS menggunakan gelombang ultraviolet dengan campuran 10 mL alkohol. Grafik spektrum UV-VIS dengan perbandingan 1:10 dapat mencapai puncak gelombang hingga 972.00 WL/nm dan absorpsi 4.000 dan campuran 20 mL alkohol. Grafik spektrum UV- VIS dengan perbandingan 1:20 dapat mencapai puncak gelombang hingga 979.00 WL/nm dan absorpsi 4.000. Pengujian tarik menunjukkan bahwa tegangan tarik tertinggi terdapat pada komposisi 60% HDPE dan 40% nanopartikel bambu hitam. Nilai rata – rata tegangan tarik 21.3 MPa, dan nilai rata – rata regangan 0.98%. Sedangkan pada variasi 50% HDPE dan 50% nanopartikel bambu hitam nilai tegangan tarik menurun dengan nilai rata – rata 19.6. Nilai tegangan terendah tunjukan oleh variasi 70% HDPE dan 30% nanopartikel bambu hitam dengan rata-rata nilai tegangan uji tarik 15 dan menghasilkan nilai regangan paling tinggi dengan nilai rata – rata 1.2%. Pembuatan contoh material dengan penggunaan mesin Hotpress

PENDAHULUAN

Plastik banyak digunakan oleh macam-macam industri, plastik umumnya memiliki densitas yang rendah, memiliki sifat isolasi terhadap aliran listrik, ketahanan terhadap suhu terbatas, kekuatan mekanik bervariasi, dan bahan kimia. Memiliki bobot yang ringan, fleksibilitas, dan biaya bahan baku yang murah [1]. Plastik di aplikasinya di berbagai manufaktur seperti pembuatan peralatan rumah tangga, perkakas, komponen otomotif, dan peralatan makan. Plastik dapat dibagi menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*. *Thermoplastic* merupakan bahan plastik yang akan mencair ketika mencapai suhu tertentu dan fleksibilitasnya meningkat sehingga dapat di bentuk seperti yang diinginkan. Sedangkan *thermosetting* merupakan plastik yang tidak dapat di cairkan kembali dengan cara dipanaskan ketika telah dibuat dalam bentuk padat[2].

Bambu dapat bertumbuh diberbagai iklim, mulai dari iklim basah hingga kering tetapi bambu memerlukan banyak air untuk pertumbuhannya. Curah hujan yang dibutuhkan bambu minimal 1,020 mm per tahun, memiliki kelembaban udara sekitar 80% dan memiliki suhu 8,8-36°C. Bambu dapat diklasifikasikan pada lebih dari 10 genus dan 1450 spesies [3] Terdapat lebih dari 176 spesies bambu di Indonesia dan sebagian besar dianggap sebagai ciri khas Indonesia karena memiliki kekhasan dan keberagamannya yang tidak dapat di temukan di negara lain. Bambu hitam dengan nama latin *Gigantochloa atroviolacea* memiliki ciri rebung bambu hitam berwarna hijau kehitamandan jingga pada ujungnya, tertutup rambut halus dan tinggi hingga 15 m. Percabangan tumbuh jauh di atas permukaan tanah dengan satu cabang lateral yang lebih besar daripada cabang lain.

Injection molding merupakan metode untuk proses termoplastik dengan cara memanaskan plastik hingga meleleh dan diinjeksikan oleh *plunger* ke dalam cetakan. (Biji plastik dituangkan kedalam *feed hopper* setelah itu biji plastik dipanaskan hingga temperatur tertentu. Biji plastik yang sudah mencair kemudian di dorong menggunakan *reciprocating screw* melewati *barrel*. Temperatur material yang melewati *barrel* dipertahankan agar tidak mengeras. Selanjutnya material diinjeksikan menggunakan *nozzle* ke dalam molding. Biji plastik yang sudah cair masuk ke dalam mold (*core dan cavity*) membentuk produk sesuai mold. Proses *injection molding* dibagi menjadi 4 tahap yaitu, memastikan *clamping* tertutup sempurna sebelum injeksi plastik ke dalam cetakan, plastik cair diinjeksi ke dalam mold hingga memenuhi cetakan sesuai dengan bentuk produk,

proses pendinginan atau *cooling* setelah plastik diinjeksi, mendorong bagian plastik dari cetakan adalah mekanisme yang digunakan [4].

HDPE (*High Density Polyethylene*) adalah polimer termoplastik yang memiliki berat molekul dan kepadatan yang tinggi yaitu 0,950-0.965 g/cm³. HDPE memiliki viskositas yang tinggi dikarenakan berat molekulnya tinggi, kombinasi antara itu membuat HDPE memiliki sifat yang tahan abrasi dan tahan terhadap kimia di atas rata-rata serta memiliki titik leleh yang relatif tinggi. HDPE banyak digunakan untuk peralatan rumah tangga, botol kemasan, mainan, pipa dan perkakas [5].

Nanopartikel mempunyai rentang ukuran sebesar 1 hingga 100 nanometer. Dalam membuat material berukuran nano menggunakan dua metode *top down* dan *bottom – up*. Pada penelitian ini menggunakan metode *top – down*, metode ini dilakukan untuk memecah struktur material dari besar menjadi kecil. Penelitian ini difokuskan meneliti struktur material dalam ukuran kompleks seperti interkoneksi, serta partikel mikro dan nano. Nanopartikel mencakup desain, produksi, dan aplikasi material dalam skala atomik, dan molekular. Nanopartikel memiliki sifat atau fungsi yang berbeda dari material sejenis dalam ukuran besar (*bulk*) di antara lain adalah ukuran yang kecil, nanopartikel memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Material yang berukuran nanopartikel maka akan berlaku hukum fisika kuantum. Fenomena kuantum sebagai akibat keterbatasan ruang gerak elektron dan pembawa muatan. Fenomena kuantum berimplikasi pada sifat material seperti perubahan warna, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik, dan magnetisasi [6].

Komposit adalah material terdiri lebih dari satu bahan dengan menggabungkan dan menghasilkan sifat yang lebih baik. Komposit memiliki beberapa kelebihan di antara lain adalah bobot yang ringan, kuat, tahan korosi, dan ekonomis. Komposit menggunakan bahan-bahan alam yang terdiri dari serat alam dan serat nano. Penggunaan serat alam menggunakan bambu, kayu, ijuk, batang jagung, dan serat kelapa. Nano komposit merupakan struktur padat multi fase yang berskala nanometer, partikel yang berukuran nano tersebut memiliki luas permukaan interaksi yang tinggi. Nano komposit menunjukkan perbedaan sifat mekanik, listrik, optik, elektrokimia, dan katalis. Serat digunakan untuk memperkuat material dalam segi ukuran, volume campuran, dan bentuk. Serat alam yang dikombinasikan dapat menjadi komposit alternatif yang digunakan untuk kebutuhan industri [7].

Penelitian ini dilakukan membuat inovasi dalam pembuatan material dengan menggunakan rekayasa material plastik HDPE dan bambu menjadi komposit untuk mengurangi penggunaan plastik. Pemanfaatan bambu pada penelitian ini dikarenakan bambu memiliki pertumbuhan paling cepat karena memiliki sistem rhizoma-depeden unik, dalam sehari bambu dapat bertumbuh sekitar 60 cm, bambu termasuk bahan yang mudah terurai oleh lingkungan dan ekonomis serta unggul pada sifat fisika dan kimia. Pemilihan plastik HDPE sebagai salah satu komposisi dikarenakan HDPE memiliki sifat tahan korosi, tahan kimia, dapat didaur ulang, ringan, tahan lama dan ekonomis. Penelitian ini diuji melalui serangkaian pengujian yaitu pengujian SEM-EDX, FTIR, XRD, UV-VIS, dan *toxicity*.

METODOLOGI PENELITIAN

Konsep kerangka penelitian

Kerangka konsep penelitian mencakup beberapa tahapan yang harus dipertimbangkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1 dibawah.

Metode Penelitian

Adapun penjelasan tahapan yang dilakukan pada penelitian Analisis Nanopartikel Komposit Menggunakan Bambu Hitam Dengan Matriks Termoplastik HDPE sebagai berikut:

Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan awal dari penelitian yang akan dilakukan, Tahapan ini membantu memastikan bahwa penelitian yang dilakukan benar-benar relevan dan memiliki tujuan yang jelas.

Studi Literatur

Studi Literatur merupakan tahapan perencanaan penelitian. Sesudah masalah teridentifikasi, dilakukan penyelidikan menyeluruh untuk menemukan bahan referensi yang relevan guna melanjutkan penelitian.

Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian merupakan tahapan untuk menentukan arah dan fokus pada penelitian ini. Hal ini dapat merumuskan dengan baik untuk memastikan bahwa penelitian memiliki fokus yang jelas dan memberikan kontribusi yang berarti dalam bidang yang sedang dilakukan.

Proses Pengerus atau Serut

Proses Pengerus atau Serut merupakan proses untuk menjadikan bambu yang sudah disiapkan berbentuk lingkaran utuh mengubah menjadi serabut atau serat.

Pengeringan

Pengeringan merupakan proses pengurangan kadar air pada bambu. Proses pengeringan ini memanfaatkan panas dari matahari dengan waktu penjemuran selama 1 (satu) minggu.

Blender Kasar

Blender Kasar merupakan proses pengilingan bambu yang berbentuk serabut atau serat. Proses ini menggunakan blender yang akan menghasilkan pengilingan yang tidak terlalu halus. Dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Brand: Cosmos
- Konsumsi Daya: 250 Watt, Tegangan: 220V, Frekuensi: 50 Hz
- Kapasitas: 1.5 Liter

Blender Halus

Blender Halus merupakan proses pengilingan bambu yang berbentuk bubuk yang bercampur dengan serat. Proses ini menggunakan blender yang akan menghasilkan pengilingan halus sehingga saat memasuki proses menggayak menggunakan *Mesh* 400 bisa mendapatkan hasil yang cepat dan mengoptimalkan waktu. Dengan spesifikasi berikut:

- Model: EP200
- Kapasitas: 200g
- Daya: 1.2KW
- Kecepatan: 27.000 RPM
- Tegangan: 220V

Pengayakan Dengan Saringan *wire Mesh* 200

Mesh 200 merupakan saringan yang menggunakan ukuran 74 *Micron*. Proses ini

dilakukan untuk menyaring kembali dari hasil penyaringan yang tidak memiliki ukuran sehingga bisa untuk mempercepat untuk mendapatkan hasil dari *Mesh* 300. Proses ini digunakan agar memisahkan hasil pengilingan yang tidak sempurna untuk dilakukan proses kembali.

Melewati Ayakan

Melewati ayakan merupakan sebuah proses untuk memastikan dari hasil pengilingan bisa melewati dari saringan atau tidaknya. Pengilingan pada hasil yang tidak sempurna sehingga tidak bisa melewati saringan dilakukan pengilingan kembali agar bisa melewati saringan.

Mesh 300

Mesh 300 merupakan saringan yang menggunakan ukuran 50 *Micron*. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan hasil dari penyaringan yang nantinya akan di lanjutkan pada *mesh* 400.

Mesh 400

Mesh 400 merupakan saringan yang menggunakan ukuran 37 *Micron*. proses ini akan digunakan sebagai bahan baku utama dari pembuatan komposit.

Pengukuran Kadar Air

Pengukuran kadar air bertujuan agar memastikan nanopartikel bambu hitam tidak memiliki Kandungan air. Nanopartikel bambu hitam memiliki sifat yang *hidrofilik* sehinggaharus dipastikan agar homogen saat dilakukan pencampuran dengan plastik yang sifatnya *hidrofobik*.

Pengujian Morfologi dan Unsur Kimia

Pengujian menggunakan SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*), XRD (*X-ray Diffraction*), FTIR (*Fourier Transform Infrared*), dan UV-VIS (*Ultraviolet-Visible*). Spektroskopi adalah metode analisis yang digunakan untuk memahami karakteristik dan komposisi material. Sehingga pengujian ini dapat memberikan pemahaman yang mendalam tentang sifat fisik (bentuk permukaan mikroskopis), komposisi kimia, dan struktural kristal dari material tersebut. Pada pengujian ini sampel yang digunakan dengan dua perbandingan yaitu *Mesh* 300.

Pencampuran Nanopartikel Bambu Hitam dan HDPE Menggunakan Mesin Internal Mixer

Proses ini merupakan meleburkan biji plastik dengan nanopartikel bambu hitam agar terjadi proses polimerisasi dan material tersebut menjadi homogen. Perbandingan yang digunakan 50% HDPE 50% Nanopartikel bambu hitam, 60% HDPE 40% Nanopartikel bambu hitam dan 70% HDPE 30% Nanopartikel bambu hitam. Proses ini menggunakan mesin *rheomixer* dengan suhu 185°C dan kecepatan rotor 80 RPM. Hasil dari proses *hot blending* yaitu berupa kompon.

Pemotongan Granule

Pemotongan *Granule* merupakan proses mengubah bentuk kompon yang tidak beraturan memiliki ukuran lebih besar menjadi ukuran yang lebih kecil sehingga bisa dimasukkan kedalam *cylinder*. Bentuk kompon tidak beraturan dihasilkan dari proses *internal mixer*.

Pembuatan alat makan menggunakan *injection molding*

Proses pembuatan ini dilakukan untuk membuat produk alat makan yang ditentukan dengan menggunakan *injection molding*

Pengujian Mekanis Uji Tarik

Uji tarik digunakan agar mengetahui ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan. Hasil dari pengujian yaitu kurva *stress-strain*, kemudian dilakukan perhitungan agar mengetahui nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas.

Pembuatan sampe dengan Hotpress

Pembuatan sampel dengan mesin hotpress merupakan proses untuk mencetak materialkomposit sebagai contoh material jadi.

Pembuatan Laporan Akhir

Dari hasil keseluruhan penelitian dilakukan proses pembuatan laporan akhir menggunakan data selama penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Preparasi bambu hitam

Langkah awal yang dilakukan di penelitian ini ada melakukan persiapan sampel bambu hitam yang akan digunakan. Langkah awal persiapan adalah melakukan memotong bambu hitam menjadi 4 bagian lalu pengelupasan kulit luar bambu karena yang akan digunakan sepenuhnya adalah bagian dalam bambu hitam, lalu pada langkah kedua menyerut bagian dalam batang bambu menggunakan mesin serut kayu.



Gambar 4.1 Hasil proses blender kasar

Gambar 4.2 Langkah keempat serbuk partikel dari proses sebelumnya diblender kasar, diubah menjadi blender halus. Langkah ini dilakukan untuk memaksimalkan hasil penyaringan agar mencapai ukuran nanopartikel.



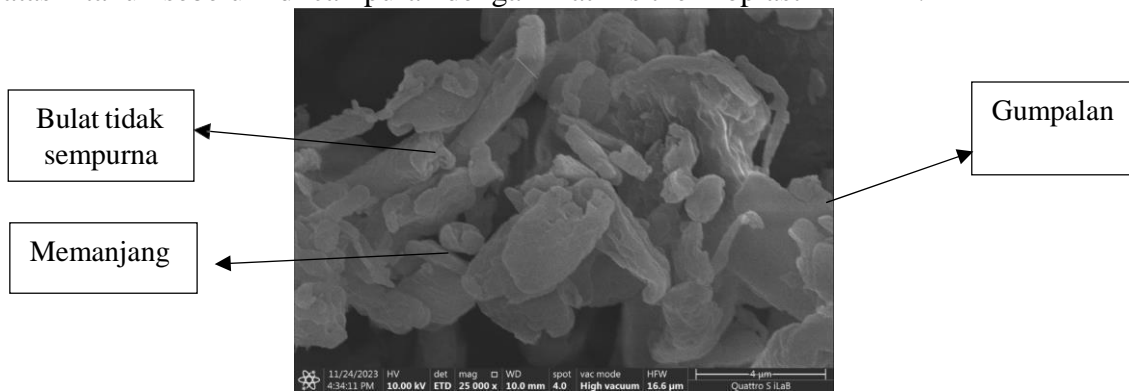
Gambar 4.2 Hasil proses blender halus

Langkah kelima dilakukan penyaringan dengan menggunakan *mesh* 300 secara bertahap, langkah ini dilakukan agar memudahkan proses penyaringan pada *mesh* 400, nanopartikel yang sudah menjadi *mesh* 300 akan di blender halus kembali untuk dilanjutkan penyaringan pada *mesh* 400 untuk digunakan pada penelitian ini.

Hasil Karakterisasi

Karakterisasi Morfologi Dengan Uji SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) merupakan pengujian untuk mendapatkan data visual bentuk permukaan sampel dari partikel bambu hitam berumur diatas 1 tahun sebelum di campuran dengan matriks thermoplastik HDPE.

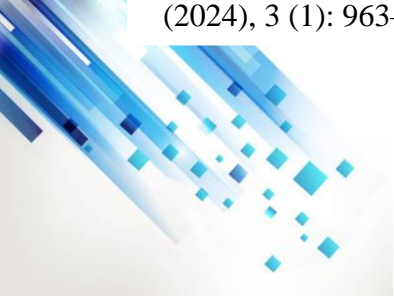


Gambar 4.3 Hasil pengujian SEM

Hasil pengujian SEM menggunakan perbesaran 25.000x seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3 Hasil pengujian SEM menunjukkan bahwa nanopartikel bambu hitam dengan umur diatas 1 tahun memiliki struktur partikel yang menggumpal, bulat tidak sempurna dan panjang. Gumpalan di hasilkan karena adanya proses aglomerasi atau penumpukan pada saat proses penghancuran bambu menjadi partikel menggunakan blender. Sehingga karbon (C) bereaksi dengan karbon (C) yang baru sehingga terjadi penumpukan. Partikel berbentuk pajang disebabkan kandungan unsur kimia dari partikel-partikel yang mengikat satu sama lain dan menjadi bentuk yang panjang. Bentuk partikel yang bulat tidak sempurna disebabkan oleh partikel memiliki banyak sudut. Sehingga dapat memperkuat partikel ikatan dengan molekul serta unsur kimia dari bambu hitam. Pengukuran diameter nanopartikel bambu hitam dilakukan dengan menggunakan aplikasi ImageJ. Hasil pengukuran nanopartikel bambu hitam menunjukkan diameter berukuran nano. Tabel 4.1 hasil pengukuran menunjukkan diameter rata – rata sebesar 30.76 nm.

Tabel 4.1 Pengukuran diameter nanopartikel

No	Diameter (nm)
1.	25.29
2.	29.14
3.	29.14



4.	24.82
5	29.00
6.	22.22
7.	34.54
8.	19.12
9.	58.00
10.	32.05
11.	35.62
12.	30.22
Rata-rata	30.76



Karakterisasi Komposisi Dengan Uji EDX (*Energy Dispersion X-Ray*)

Pengujian EDX (*Energy Dispersion X-Ray*) merupakan pengujian untuk menganalisa unsur kimia yang terkandung pada bambu hitam.



Gambar 4.4 grafik hasil pengujian EDX

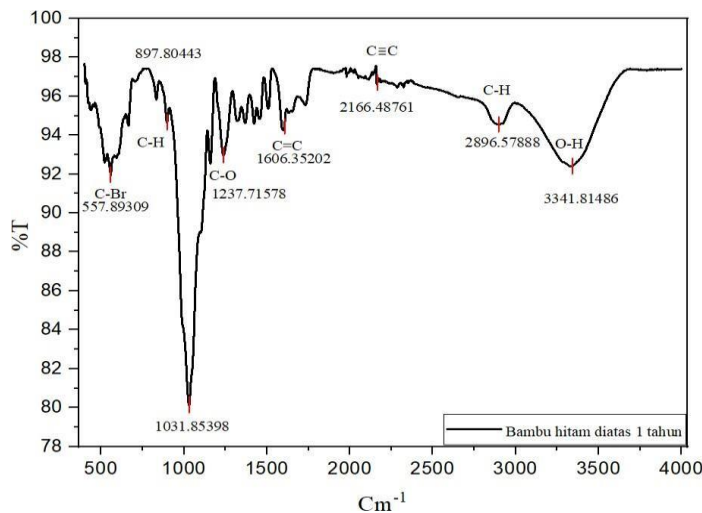
Kandungan kimia yang ada pada bambu hitam terdapat presentase kandungan carbon (C) sebesar 81.6%, Unsur *carbon* tercipta dari proses pengubahan serat bambu menjadi Nanopartikel menggunakan mesin blender. Lalu ada presentase kandungan Oksigen (O) 14.5% dan Kandungan Nitrogen (N) sebesar 4% di tunjukan pada tabel 4.2 dibawah.

Tabel 4.2 Unsur kimia partikel Bambu Hitam

Unsur-Unsur Kimia	Presentase
Karbon (C)	81.6%
Oksigen (O)	14.5%
Nitrogen (N)	4%

Karakterisasi Gugus Fungsi Dengan Uji FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Pengujian FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) adalah salah satu metode analisis yang bisa mengidentifikasi dan memvisualisasikan karakteristik unsur kimia melalui spektrum FTIR. Analisa serapan dilakukan agar dapat menganalisis gugus fungsi yang ada pada partikel di bambu hitam. Grafik FTIR dapat menunjukkan hubungan antara bilangan gelombang (cm^{-1}) yng terletak pada sumbu X serta besaran transmitansi (%) yang terletak pada sumbu Y seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 4.5 Pengujian FTIR

Gambar 4.5 menunjukkan puncak (*peak*) serapan yang berarti bahwa sampel bambu hitam memiliki banyak jenis ikatan. Identifikasi gugus fungsi secara langsung

menunjukkan hubungan dengan bilangan gelombang spesifik spektrum FTIR berada. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3 Dibawah ini.

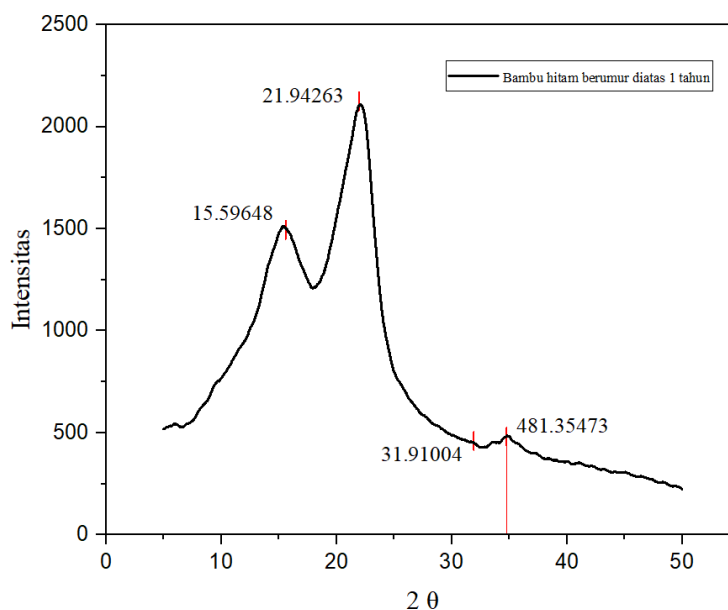
Tabel 4.3 gugus fungsi

No	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Gugus fungsi	Intensitas
1.	C-Br	559-666(cm ⁻¹)	Kuat
2.	C-H	675-995(cm ⁻¹)	Kuat
3.	C-O	1050-1300(cm ⁻¹)	Kuat
4.	C=C	2100-2260(cm ⁻¹)	Berubah-ubah
5.	C-H	2850-2970(cm ⁻¹)	Kuat
6.	O-H	3200-3600(cm ⁻¹)	Berubah-ubah

Tabel 4.3 gugus fungsi Pengujian FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dilakukan sebelum pencampuran dengan thermoplastik HDPE. Gugus fungsi dari nanopartikel bambu hitam menunjukkan beberapa senyawa yang ada. Pengujian ini mendapatkan hasil C-Br merupakan senyawa *halo* dengan pita serapan kuat yang terdapat pada panjang gelombang 599 – 666(cm⁻¹). C-H merupakan senyawa alkena dengan pita serapan kuat yang terdapat pada panjang gelombang 675 – 995(cm⁻¹). C–O merupakan senyawa *ester* dengan pita serapan kuat yang terdapat pada panjang gelombang 1050 – 1300(cm⁻¹). C≡C merupakan senyawa *alkuna* dengan pita serapan berubah – ubah yang terdapat pada panjang gelombang 2100 – 2260(cm⁻¹). C-H merupakan senyawa *alkana* dengan pita serapan kuat terdapat pada panjang gelombang 2850 – 2970(cm⁻¹). O-H merupakan senyawa *fenol* dengan pita serapan berubah – ubah yang terdapat pada panjang gelombang 3200 – 3600(cm⁻¹).

Karakterisasi Difraksi Amorf Dengan Uji XRD (*X-Ray Diffraction*)

X-Ray diffraction (XRD) adalah analisis yang berfungsi untuk melihat presentase kandungan senyawa dan menganalisis struktur kristal pada suatu material/ Difraksi amorf dihasilkan dari padatan partikel yang belum tercampur thermoplastik HDPE pada nanopartikel bambu hitam dan puncak (peak) yang lebar menunjukkan struktur amorf seperti yang ditunjukkan pada yang dibawah ini:



Gambar 4.6 Hasil Analisis Difraksi Amorf

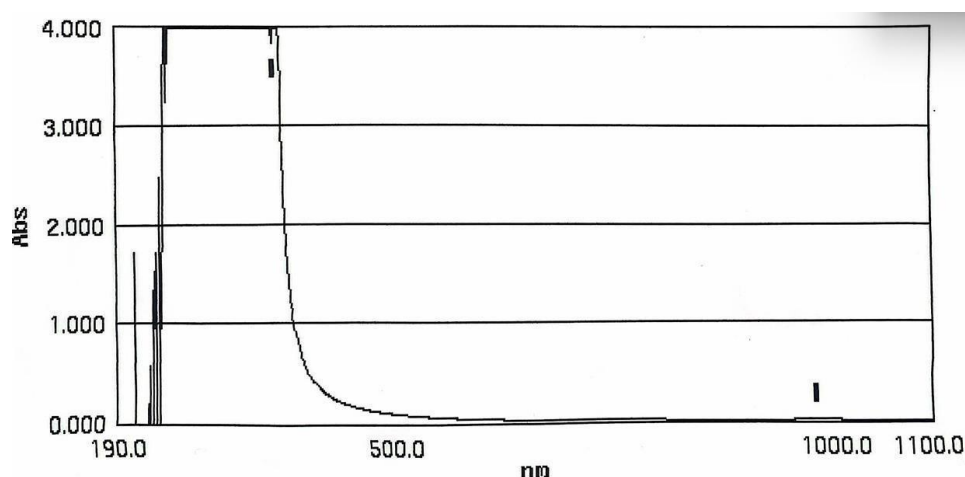
Gambar 4.6 menunjukkan puncak (*peak*) terjadi pada intensitas 21.94263. Puncak tersebut menunjukkan bentuk *amorf* karena puncak tersebut lebar dan landai. Hal ini mengindikasikan karakteristik struktur cukup memberikan pengaruh yang signifikan pada tingkat keteraturan dan ketidakteraturan nanopartikel bambu hitam.

Karakterisasi Uji Serapan Gelombang UV-VIS (*Ultraviolet Visible Spectroscopy*)(Uji serapan gelombang) merupakan proses indentifikasi nanopartikel menggunakan panjang gelombang. *Double beam Instrument* pada pengujian UV-VIS harus menggunakan sampel cair. Sampel bambu hitam yang sudah menjadi serbuk harus di cairkan dengan alkohol. Hal ini, bambu hitam harus di dalam larutan agar terjadi pengikatan antara serbuk bambu dengan alkohol. Ketika dilakukan pengujian UV-Vis sampel dapat terbaca. Pengujian UV-VIS menggunakan dua perbandingan yaitu 1:10 dan 1:20 seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.7 dibawah:



Gambar 4.7 Sampel hasil pengujian UV-VIS

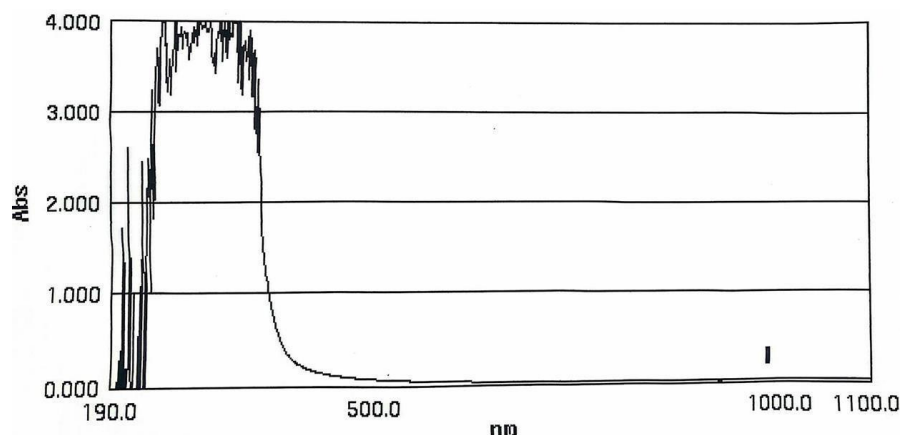
Pengujian UV-VIS dilakukan dengan rentang gelombang ultraviolet mulai dari 190 nm hingga 1100 nm. Di bawah ini adalah grafik spektrum UV-VIS dengan menggunakan perbandingan 1:10 dan 1:20 berikut ini.



Gambar 4.8 Grafik spektrum UV-VIS perbandingan 1:10
Tabel 4.4 Hasil pengujian UV-VIS dengan Perbandingan 1:10

Peak		Valley	
WL/nm	Abs	WL/nm	Abs
972.00	0.010	916.00	0.007
364.00	4.000	360.00	3.852

Pada gambar 4.4 Adalah hasil dari analisis menggunakan gelombang ultraviolet dengan campuran 10 mL alkohol. Grafik spektrum UV-VIS dengan perbandingan 1:10 dapat mencapai puncak gelombang hingga 972.00 WL/nm dan absorpsi 4.000 menandakan nanopartikel bambu hitam terbentuk.



Gambar 4.9 Grafik spektrum UV-VIS perbandingan 1:20
Tabel 4.5 Hasil pengujian UV-VIS dengan Perbandingan 1:20

Peak		Valley	
WL/nm	Abs	WL/nm	Abs
979.00	0.014	919.00	0.013
334.00	4.000		

Pada gambar 4.5 Adalah hasil dari analisis menggunakan gelombang ultraviolet dengan campuran 20 mL alkohol. Grafik spektrum UV-VIS dengan perbandingan 1:20 dapat mencapai puncak gelombang hingga 979.00 WL/nm dan absorpsi 4.000 menandakan nanopartikel bambu hitam terbentuk.

Material Pembuat Komposit

Berdasarkan beberapa penelitian bahan pengisi serat alam untuk komposit paling banyak digunakan. Dikarenakan komposit dari serat alam lebih unggul dibandingkan dengan serat sintetis. Keunggulan serat alam yaitu sebagai bahan yang mudah ditemukan, memiliki beban lebih ringan, harga yang relatif terjangkau, dan ramah terhadap lingkungan. Serat alam banyak digunakan sebagai bahan pengisi dikarenakan komposit dari serat alam memiliki keunggulan dibandingkan bahan sintetis. Serat alam relatif terjangkau dan ramah lingkungan. Nanopartikel bambu hitam dan Thermoplastik HDPE menjadi bahan pembuatan komposit pada penelitian ini, nano partikel bambu hitam berfungsi sebagai pengisi (filler) dan Thermoplastik HDPE berfungsi sebagai matriks

Tabel 4. 6 Komposisi Material

Komposisi
50% HDPE : 50% Nanopartikel Bambu Hitam
60% HDPE : 40% Nanopartikel Bambu Hitam
70% HDPE : 30% Nanopartikel Bambu Hitam

Tahap Pencampuran (Hot Blending) Material HDPE Dan Nanopartikel Bambu Hitam

Hot blending proses ekstrusi yang berfungsi mengubah dan mencampurkan bambu hitam dan thermoplastik HDPE menjadi kompon. Pencampuran dilakukan untuk menghasilkan kompon yang tercampur dari thermoplastik HDPE dan nanopartikel bambu hitam seperti gambar 4.10 dibawah. Langkah pertama yang dilakukan adalah menimbang nanopartikel bambu hitam dan thermoplastik HDPE sesuai dengan variasi perbandingan yang memenuhi kapasitas mesin *internal mixer*. Langkah kedua, sampel yang sudah ditimbang dimasukan pada sekup dan melakukan *dry blending* dengan sendok. Langkah ketiga sampel yang tercampur lalu dimasukan ke dalam *hopper* mesin *internal mixer*. Langkah keempat memulai pencampuran dengan mesin *internal mixer* dengan waktu yang sudah ditentukan. Langkah yang keenam adalah mengeluarkan hasil pencampuran dan memotongnya agar memudahkan saat proses *injection molding*.

Gambar 4.10 hasil kompon pada *injection molding*

Pada proses pencampuran dalam satu kali proses pencampuran akan menghasilkan 40gram kompon dengan tiga variasi sampe; yaitu 50%:50% (20 gram HDPE dan 20 gram Nanopartikel Bambu Hitam), 60%:40% (24 gram HDPE dan 16 gram Nanopartikel BambuHitam), dan 70%:30% (28 gram HDPE dan 12 gram Nanopartikel Bambu Hitam) seperti yang ada pada tabel 4.7 dibawah ini. Pada proses pencampuran dengan mesin *internal mixer* kecepatan rotor yang digunakan adalah 80 RPM dan waktu 6 menit serta tempratur 150 °C guna menjaga sifat kimia bambu agar tidak menghilang. Dari mesin *internal mixer* akan menghasilkan kompon (biji plastik) yang bentuknya tidak beraturan dan dibutuhkan proses pemotongan material dengan manual.

Tabel 4.7 Variasi perbandingan sampel

Variasi perbandingan (%)	Berat massa (g)
50%:50%	20g:20g
60%:40%	24g:16g
70%:30%	28g:12g
Total berat massa	40g



Gambar 4.11 Hasil kompon

Hasil dari kompon yang sudah tercampur ditunjukkan pada Gambar 4.11. Pada warna kompon yang dihasilkan dari masing – masing komposisi material berbeda. Komposisi 50%:50% memiliki warna coklat dan lebih gelap, 60%:40% memiliki warna coklat dan sedikit cerah, 70%:30% memiliki warna coklat dan cerah. Kemudian hasil dari kompon yang dipersiapkan untuk dilakukan pembuatan sampel uji tarik menggunakan mesin *Injection molding*.

Pembuatan Spesimen Uji Tarik Menggunakan *Injection molding*

Alat *Injection molding* yang ada pada gambar 4.12 adalah alat untuk membuat sampel dengan beberapa bentuk dan ukuran yang berbahan plastik yang dilelehkan dan diinjeksikan pada mold. Pada prosesnya langkah pertama adalah mengatur suhu cylinder menjadi 185°C, suhu pada mold 45°C dan *pressure* menjadi 800bar. Langkah

kedua adalah memastikan alat *Injection molding* sudah mencapai suhu dan temperatur yang sudah ditentukan lalu tekan tombol > untuk memulai proses injeksi. Langkah ketiga menunggu proses injeksi dengan *holding time* 25 detik. Langkah keempat melepaskan sampel dari mold dan membersihkan sisa plastik pada sampel uji tarik. Mold yang digunakan pada *injection molding* menggunakan standar uji tarik yaitu standar ASTM D638 TYPE IV. Mesin *Injection molding* memiliki spesifikasi tekanan injeksi 1100 Bar, temperatur cetakan (*mold*) 250°C, dan temperatur silinder maksimum 450°C.

Gambar 4.12 Alat *Injection molding*

Tabel 4.8 merupakan data berat massa yang dihasilkan dari proses *Injection molding*. Penambahan nanopartikel bambu hitam berpengaruh terhadap kenaikan berat massa yang dihasilkan, namun sebaliknya pengurangan komposisi nanopartikel bambu

hitam berpengaruh terhadap pengurangan berat massa. (Pencampuran nanopartikel bambu hitam berpengaruh pada massa thermoplastik HDPE yang telah di campurkan. Tabel 4.8 merupakan data massa yang dihasilkan proses *Injection molding*.

Tabel 4.8 berat massa setiap variasi

Variasi perbandingan (%)	Massa (g)
50%:50%	5.6
60%:40%	5.2
70%:30%	4.5

Pada proses *injection molding*, untuk mencapai hasil yang diinginkan dalam pembuatan sampel uji tarik dapat diatur parameternya. Parameter yang digunakan melibatkan suhu, tekanan, dan waktu. Dibawah ini adalah parameter yang digunakan dalam proses pembuatan sampe menggunakan *injection molding*.

1. Parameter Tetap

Parameter konstan merujuk pada parameter yang tetap selama penelitian dilakukan dengan menggunakan cetakan injeksi. Nilai-nilai parameter ini tetap konsisten sepanjang eksperimen, sehingga tidak memengaruhi parameter proses. Variabel yang tetap dalam penelitian ini adalah:

- Nozzle* adalah bagian dari mesin *Injection molding*, posisi dari *nozzle* ada pada bagianujung *barrel* atau *cylinder*. Suhu pada *nozzle* ini harus dijaga agar kompon yang telahdipanaskan di dalam *barrel* bisa mencapai titik leleh pada suhu *nozzle* 185°C.
- Injection time* merupakan durasi yang dibutuhkan untuk mengisi rongga dengan bahan cair hingga penuh. Durasi *injection time* pada penelitian ini yaitu 2,6 detik.
- Holding time* merupakan waktu tekanan yang diperlukan dalam menahan *mold* (cetakan) sesudah proses injeksi. Membutuhkan waktu 25 detik agar material terbentuk sesuai dengan sampel uji tarik didalam *mold*.

2. Parameter bebas

- Temperatur *Cylinder* 185°C.
- Temperatur *Mold* 45°C.
- Injection Pressure* 800 Bar.
- Holding Pressure* 200 Bar.

Preparasi Uji tarik

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dari komposit yangdibuat dengan presentase pada campuran material komposit 50% HDPE 50% Nanopartikel bambu hitam, 60% HDPE 40% Nanopartikel bambu hitam, dan 70% HDPE 30% Nanopartikel bambu hitam. Pengujian tarik dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D638 *Type-IV*.



Gambar 4.13 Spesimen uji tarik

Berikut merupakan Tabel 4.9 yaitu data dimensi untuk spesimen pengujian tarik komposisi 50% HDPE 50% Nanopartikel bambu hitam, 60% HDPE 40% Nanopartikel bambu hitam, dan 70% HDPE 30% Nanopartikel bambu hitam. Mengacu pada standar ASTM D 638 Type IV dengan masing – masing komposisi yaitu 3 sampel. Perhitungan luas penampang menggunakan rumus, sebagai berikut.

$$A_o = t \times l$$

Keterangan:

A_o = Luas Penampang

(mm^2) t = Tebal Benda Uji

(mm)

l = Lebar Benda Uji (mm)

Tabel 4.9 Data Dimensi

Spesimen 50%:50%	Lebar (mm)	Tebal(mm)	Panjang awal (mm)	Luas (mm^2)
1	6.04	3.04	11.4	18.36
2	6.04	3.03	11.5	18.30
3	6.05	3.03	11.4	18.33
Spesimen 60%:40%	Lebar (mm)	Tebal(mm)	Panjang awal (mm)	Luas (mm^2)
1	6.06	3.04	11.2	18.42
2	6.03	3.03	11.5	18.27
3	6.04	3.03	11.4	18.30
Spesimen 70%:30%	Lebar (mm)	Tebal(mm)	Panjang awal (mm)	Luas (mm^2)
1	6.04	3.03	11.5	18.30
2	6.05	3.04	11.5	18.39
3	6.05	3.04	11.5	18.39

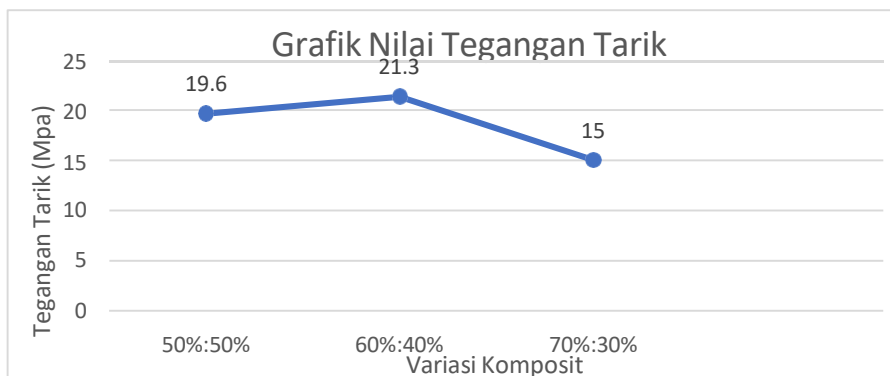
Setelah pengukuran yang dilakukan pada saat sebelum pengujian, lalu pengujian dilakukan untuk menguji tarik 3 spesimen dengan variasi yang berbeda yaitu 50% HDPE 50% Bambu hitam, 60% HDPE 40% Bambu hitam, 70% HDPE 30% Bambu hitam. Setelah dilakukan pengujian dan pengolahan data maka didapatkan hasil pengujian sebagai berikut.

Tabel 4.10 Hasil uji tarik

Spesimen 50%-50%	F max (N)	Panjang Awal (L_o)	Panjang Akhir (L_1)	Tegangan Tarik σ	Regangan (ϵ)	Modulus Elastisitas (GPa)
1	429	11.4	11.5	18	0.87%	2068
2	503	11.5	1.61	21	0.95%	2210
3	468	11.4	11.53	20	1.14%	1714
Rata-rata				19.6	0.98%	1314
Spesimen 60%-40%	F max (N)	Panjang Awal (L_o)	Panjang Akhir (L_1)	Tegangan Tarik σ	Regangan (ϵ)	Modulus Elastisitas (GPa)

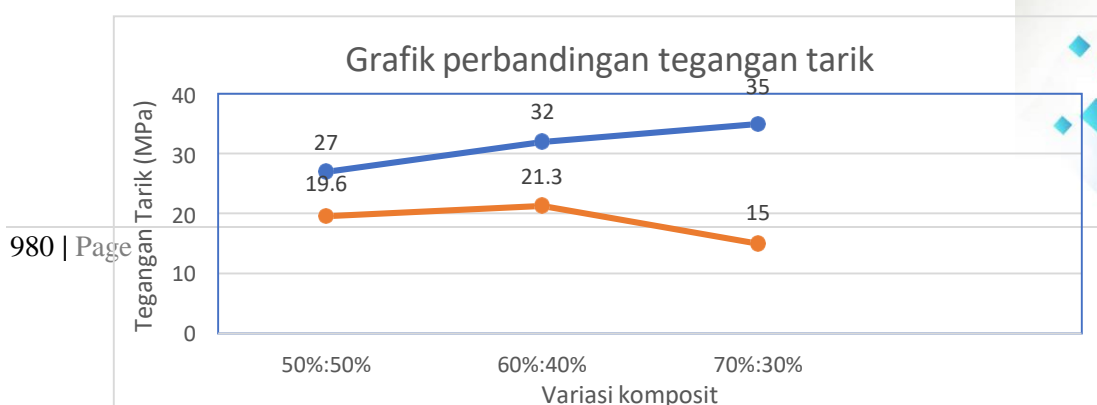
1	432	11.2	11.3	18	0.86%	2093
2	485	11.5	11.53	20	0.26%	7692
3	621	11.4	11.52	26	1.05%	2476
Rata-rata				21.3	0.72%	4087
Spesimen 70%-30%	F max (N)	Panjang Awal (Lo)	Panjang Akhir (L1)	Tegangan Tarik σ	Regangan (ϵ)	Modulus Elastisitas (GPa)
1	395	11.5	11.54	16	0.34%	4705
2	350	11.5	11.65	15	1.30%	1456
3	348	11.5	11.6	14	0.86%	1627
Rata-rata				15	1.2%	2596

tabel 4.10 menunjukkan bahwa tegangan tarik tertinggi terdapat pada komposisi 60% HDPE dan 40% nanopartikel bambu hitam. Nilai rata – rata tegangan tarik 21.3 MPa, dan nilai rata – rata regangan 0.98%. Sedangkan pada variasi 50% HDPE dan 50% nanopartikel bambu hitam nilai tegangan tarik menurun dengan nilai rata – rata 19.6 hal ini disebabkan peningkatan komposisi bahan penguat dari nanopartikel bambu hitam meningkatkan ronggayang ada sehingga menurunnya tegangan tarik yang mampu di terima komposit [16]. Nilai tegangan terendah tunjukan oleh variasi 70% HDPE dan 30% nanopartikel bambu hitam dengan rata-rata nilai tegangan uji tarik 15 dan menghasilkan nilai regangan paling tinggi dengan nilai rata – rata 1.2%. Hal ini disebabkan oleh menurunan komposisi bahan penguat nanopartikel bambu hitam yang dimana bambu hitam memiliki kandungan lignin untuk mengikat sehingga pengurangan komposisinya berpengaruh pada penurunan tegangan tarik yang dihasilkan [18].



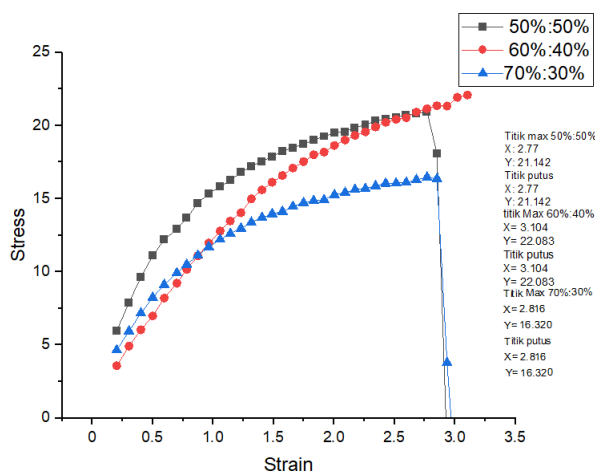
Gambar 4.14 Hasil pengujian tegangan tarik

Pada gambar 4.15 Dibawah ditunjukkan hasil pengujian tarik yang dilakukan pada penelitian sebelumnya. Nilai yang dihasilkan pada penelitian sebelumnya lebih besar, nilai terbesar di tunjukan pada variasi 70% HDPE dan 30% Nanopartikel bambu hitam dikarenakan adanya peningkatan kohesi antara matriks dan bahan pengisi terjadi karena penurunan ukuran partikel. Partikel yang digunakan lolos di mesh 300 (50 micron) dan menggunakan bambu hitam berumur dibawah 1 tahun.



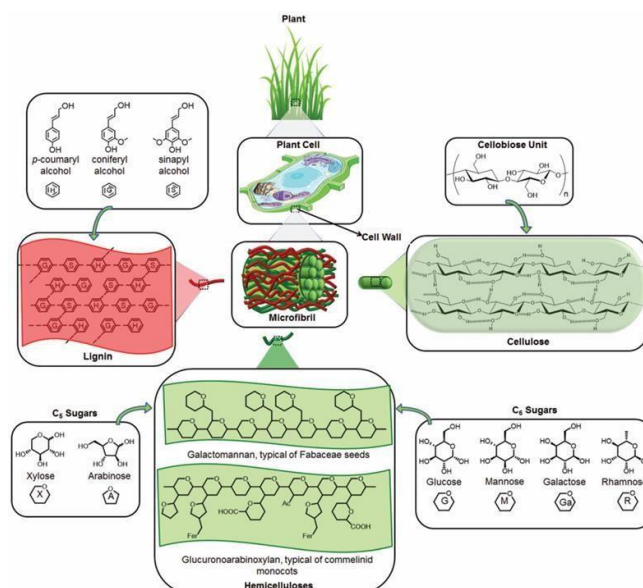
Gambar 4.15 Perbandingan tegangan tarik

Gambar 4.15 menunjukkan perbedaan hasil tegangan tarik disebabkan oleh perbedaan mesh. Penelitian sebelumnya menggunakan *mesh* 300 dan penelitian sekarang menggunakan *mesh* 400. Hal ini, berpengaruh karena semakin kecil ukuran partikel semakin luas permukaan zat sehingga akan mempercepat kelarutan zat. Proses penghalusan material menggunakan blender halus, dan dilakukan secara berulang – ulang. Menyebabkan terjadi oksidasi pada kandungan kimia bambu hitam. Semakin halus material menyebabkan banyaknya pori-pori yang terbentuk pada nanopartikel bambu. Sehingga dapat mengurangi densitas pada bambu. Semakin halus material yang digunakan maka volumenya semakin banyak. Berbeda jika material lebih kasar maka volumenya akan lebih sedikit dapat dilihat pada tabel 4.6. Meskipun dengan berat yang sama, sehingga material pengisi tidak mampu mentransfer tegangan yang optimal [18].



Gambar 4.16 Grafik tegangan tarik 3 variasi

Pada gambar 4.16 Diatas menunjukkan grafik tegangan tarik. Hal ini disebabkan oleh pembentukan ikatan kovalen yang kurang baik antara matriks HDPE dengan bahan pengisi bambu hitam. Kekurangan dari penggunaan serat alam disebabkan sifat alami serat alam yang masih bisa menyerap air. Sehingga ikatan kovalen antara matriks dengan bahan pengisi akan mudah tercampur dengan air. Akibatnya akan berpengaruh pada nilai tegangan tarik.



Gambar 4.17 Struktur unsur kimia

Proses produksi nanopartikel menggunakan metode *top-down*. Metode ini material dengan struktur besar menjadi struktur yang lebih kecil. Proses setelah pemotongan dan penyerutan menghasilkan serat bambu hitam. Selanjutnya, melakukan proses penjemuran untuk mengurangi kandungan air pada bambu. Gambar 4.17 menunjukkan struktur kandungan kimia bambu, setelah penjemuran kandungan kimia bambu teroksidasi oleh radiasi sinar matahari. Selanjutnya, dilakukan proses pada blender kasar dan dilanjutkan blender halus untuk mencapai *mesh* 300 lalu dilanjutkan kembali proses blender halus hingga mencapai *mesh* 400 yang dimana pada proses penghalusan material bambu dengan blender menghasilkan panas yang berlebih karena hasil gesekan serbuk bambu dengan pisaudan dinding blender. Hal ini menyebabkan kandungan kimia pada bambu kembali mengalami oksidasi yang mengurangi kadar zat kimia [1]. Selanjutnya, proses pencampuran plastik HDPE dengan nanopartikel bambu hitam menggunakan mesin *internal mixer* dengansuhu 150 °C dengan kecepatan 80 RPM dan waktu 6 menit hal ini dapat menjadi indikasi bahwa suhu yang tinggi membuat berkurangnya unsur kimia pada bambu atau terjadi peningkatan tekanan suhu sehingga pembentukan ikatan yang kurang baik antara matriks dengan bahan pengisi. Pada penelitian sekarang terindikasi bahwa adanya kenaikan suhu pada pembuatan sampel uji tarik yang semula 180 °C naik menjadi 185 °C tetapi belum cukup untuk membuat campuran HDPE dan nanopartikel bambu hitam tidak memiliki ikatan yang cukup kuat [1]. Sehingga dapat terindikasi juga bahwa penggunaan bambu hitam dengan *mesh* 400 mempunyai ketahanan panas yang lebih tinggi. Pada suhu 185 °C material komposit belum terdeformasi secara merata atau berkurangnya unsur kimia pada bambu sehingga terbentuk ikatan yang kurang baik antara matriks dan bahan pengisi dan menghasilkan nilai tegangan tarik yang lebih rendah.

PENUTUP

Pada penelitian tugas akhir ini, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian SEM menunjukkan bahwa nanopartikel bambu hitam mempunyai bentuk panjang, menggumpal, dan bulat tidak sempurna. Aplikasi ImageJ digunakan untuk mengukur diameter nanopartikel bambu hitam dan mendapatkan diameter rata-rata 30.72 nm.

2. Pada pengujian EDX kandungan kimia yang ada pada bambu hitam terdapat presentase kandungan carbon (C) sebesar 81.6%, Unsur carbon tercipta dari proses pengubahan serat bambu menjadi Nanopartikel menggunakan mesin blender. Lalu ada presentase kandungan Oksigen (O)14.5% dan Kandungan Nitrogen (N) sebesar 4%
3. Pengujian FTIR Gugus fungsi dari nanopartikel bambu hitam menunjukkan beberapasenyawa yang ada. Pengujian ini mendapatkan hasil C-Br merupakan senyawa *halo* dengan pita serapan kuat yang terdapat pada panjang gelombang 599 – 666(cm^{-1}). C-H merupakan senyawa alkena dengan pita serapan kuat yang terdapat pada panjang gelombang 675 – 995(cm^{-1}). C–O merupakan senyawa *ester* dengan pita serapan kuat yang terdapat pada panjang gelombang 1050 – 1300(cm^{-1}). $\text{C}\equiv\text{C}$ merupakan senyawa *alkuna* dengan pita serapan berubah – ubah yang terdapat pada panjang gelombang 2100 – 2260(cm^{-1}). C-H merupakan senyawa *alkana* dengan pita serapan kuat terdapat pada panjang gelombang 2850 – 2970(cm^{-1}). O-H merupakan senyawa *fenol* dengan pita serapan berubah – ubah yang terdapat pada panjang gelombang 3200 – 3600(cm^{-1}).
4. Pengujian XRD (puncak (peak) terjadi pada intensitas 21.94263. Puncak tersebut menunjukkan bentuk amorf karena puncak tersebut lebar dan landai.
5. Pengujian UV-VIS merupakan proses indentifikasi nanopartikel menggunakan panjang gelombang. *Double beam Instrument* pada pengujian UV-VIS harus menggunakan sampel cair. Sampel bambu hitam yang sudah menjadi serbuk harus di cairkan dengan alkohol. Grafik spektrum UV-VIS dengan perbandingan 1:10 dapat mencapai puncak gelombang hingga 972.00 WL/nm dan absorpsi 4.000 menandakan nanopartikel bambu hitam terbentuk. Hasil dari analisis menggunakan gelombang ultraviolet dengan campuran 20 mL alkohol. Grafik spektrum UV-VIS dengan perbandingan 1:20 dapat mencapai puncak gelombang hingga 979.00 WL/nm dan absorpsi 4.000 menandakan nanopartikel bambu hitam terbentuk.
6. Tegangan tarik tertinggi terdapat pada komposisi 60% HDPE dan 40% nanopartikel bambu hitam. Nilai rata – rata tegangan tarik 21.3 MPa, dan nilai rata – rata regangan 0.98%. Sedangkan pada variasi 50% HDPE dan 50% nanopartikel bambu hitam nilai tegangan tarik menurun dengan nilai rata – rata 19.6 hal ini disebabkan peningkatan komposisi bahan penguat dari nanopartikel bambu hitam meningkatkan rongga yang ada sehingga menurunnya tegangan tarik yang mampu di terima komposit. Nilai tegangan terendah tunjukan oleh variasi 70% HDPE dan 30% nanopartikel bambu hitam dengan rata-rata nilai tegangan uji tarik 15 dan menghasilkan nilai regangan paling tinggi dengan nilai rata – rata 1.2%. Hal ini disebabkan oleh penurunan komposisi bahan penguat nanopartikel bambu hitam yang dimana bambu hitam memiliki kandungan lignin untuk mengikat sehingga pengurangan komposisinya berpengaruh pada penurunan tegangan tarik yang dihasilkan.
7. Terjadi perbedaan hasil tegangan tarik disebabkan oleh perbedaan mesh. Penelitian sebelumnya menggunakan mesh 300 dan penelitian sekarang menggunakan mesh 400. Hal ini, berpengaruh karena semakin kecil ukuran partikel semakin luas permukaan zat sehingga akan mempercepat kelarutan zat. Proses penghalusan material menggunakan blender halus, dan dilakukan secara berulang – ulang. Menyebabkan terjadi oksidasi pada kandungan kimia bambu hitam. Semakin halus material menyebabkan banyaknya pori-pori yang terbentuk pada nanopartikel bambu. Sehingga dapat mengurangi densitas pada bambu. Semakin halus material yang digunakan maka volumenya semakin banyak. Berbeda jika

material lebih kasarmaka volumenya akan lebih sedikit.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan, diharapkan penelitian selanjutnya dapat menganalisis lebih lanjut unsur kimia nanopartikel bambu hitam yang sudah dicampurkan dengan thermoplastik HDPE menggunakan pengujian SEM, XRD, TEM, dan penggunaan HEM pemecahan nanopartikel agar lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Randi Fernandes., “Analisa Variasi Suhu Tekan Panas Terhadap Sifat Fisi Dan Sifat Mekanik Pada Campuran Plastik HDPE Dengan Serbuk kayu”, Program Studi TeknikMesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Pekanbaru, 2022
- [2] I. Mawardi, *Proses Manufaktur Plastik dan Komposit: Edisi Revisi*. Andi Publisher, 2019. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=RVWwDwAAQBAJ>
- [3] M. Nurmala, “Inovasi alat musik konvensional berbahan dasar bambu oleh IndonesianBamboo Community,” *Dewa Ruci J. Pengkaj. dan Pencipta. Seni*, vol. 13, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- [4] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing Material, Processes, and Systems, 5th Edition*. 2013.
- [5] F. Edition, *Plastics Technology Handbook, Fifth Edition*. 2017.
- [6] M. Abdullah, Y. Virgus, Nirmin, and Khairurrijal, “Review: Sintesis Nanomaterial,” *J. Nanosains Nanoteknologi*, vol. 1, no. 2, pp. 33–57, 2008.
- [7] M. Eka Putri., “Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Nanopartikel Perak-Arang Aktif” FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM UNIVERSITAS RIAU, PEKANBARU, 2019
- [8] T. Trimanto, D. Wahyu Annisa, and D. Hanasari, “Karakterisasi morfologi, perbanyak vegetatif dan potensi bambu (*Gigantochloa* dan *Schizostachyum*) sebagai tanaman untuk konservasi tanah dan air,” *J. Pemuliaan Tanam. Hutan*, vol. 14, no. 1, pp. 43–53, 2020.
- [9] H. P. S. Abdul Khalil *et al.*, *The use of bamboo fibres as reinforcements in composites*.2015. doi: 10.1533/9781782421276.4.488.
- [10] F. Rusch, A. D. Wastowski, T. S. de Lira, K. C. C. S. R. Moreira, and D. de MoraesLúcio, “Description of the component properties of species of bamboo: a review,” *Biomass Convers. Biorefinery*, vol. 13, no. 3, pp. 2487–2495, 2023, doi: 10.1007/s13399-021-01359-3.
- [11] H. Sahdiah and R. Kurniawan, “Optimasi Tegangan Akselerasi pada Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX) untuk Pengamatan Morfologi Sampel Biologi,” *J. Sains dan Edukasi Sains*, vol. 6, no. 2, pp.117–123, 2023.
- [12] I. Illing and S. MB, “Uji FTIR Bioplastik dari Limbah Ampas Sagu dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Gelatin,” *J. Din.*, vol. 08, no. 2, pp. 1–13, 2017.
- [13] T. Suharti, *DASAR-DASAR SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS DAN SPEKTROMETRI*

MASSA UNTUK PENENTUAN STRUKTUR SENYAWA ORGANIK. 2017.

- [14] J. Purba and B. Umroh, “Jurnal Ilmiah Teknik Mesin dan Industri (JITMI) Pembuatan Mesin Internal Mikser Biji Plastik Kapasitas 50 g/h Manufacturing of a 50 g/h Capacity Internal Mixer Machine for Plastic Ore,” *J. Ilm. Tek. Inform. dan Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 41–50, 2023.
- [15] Samiksha sikarwar., “Nanocomposite material for packaging of electronic goods, Internasional journal of scientific and innovative research, Februari, 2017
- [16] Achmad Nurhidayat, wijoyo, Dody Irnawan, “Kajian Fraksi Volume Serat Komposit Tangkai Ilalang Terhadap Sifat Mekanik”, Januari 2022
- [17] Rotua Adryani, Maulida, “Pengaruh Ukuran Partikel Dan Komposisi Abu Sekam Padi Hitam Terhadap Sifat Kekuatan Tarik Komposit Poliester Tidak Jenuh”. Desember 2014
- [18] Halimatuddahlia, N.D Marpaung dan Tjahjono Herawan, “Pengaruh Pengisi Selulosa Termodifikasi Dan Suhu Pemrosesan Dalam Penyediaan

