

**ANALISIS SIFAT TARIK NANOPARTIKEL BAMBU HITAM DENGAN
MATRIKS PENGUAT TERMOPLASTIK *HIGH DENSITY*
POLYETHYLENE RECYCLE DALAM PEMBUATAN *HOTPRESS***Amanda Marsha Chairany¹, Agus Riyanto², Megara Munanda³

Universitas Pancasila Jakarta

Amandachairany4@gmail.com , rriyantoa@gmail.com**Abstract**

Black bamboo is used as a biomaterial that can be engineered to produce nanoparticle composites. The engineering process involves adding black bamboo nanoparticles into a Recycled High Density Polyethylene material matrix. In the manufacturing process, the particles are filtered using a mesh size of 400. After carrying out a long process, black bamboo nanoparticles are produced which are then continued to test the morphological and chemical characterization. Based on SEM testing, morphological characterization of the resulting particle shape is imperfectly round, long and lumpy. EDX testing of chemical elements produced black bamboo with 68.8% carbon, 16.9% oxygen and 14.3% nitrogen. FTIR testing of functional groups contained in black bamboo, namely halo compounds, alkenes, amines, alkanes, aromatics and carboxylic acids. XRD testing shows a wide and sloping amorphous wave pattern. UV-VIS using a ratio of 1:10 produces a wave absorption of 331.0, a wave absorption of 4,000 and 1:20 produces a wave absorption of 309.0, a wave absorption of 4,000, which indicates that nanoparticles have been formed. Mixing bamboo and HDPE nanoparticles using an internal mixer machine with a temperature of 150°C with a rotor speed of 80 RPM for 10 minutes with composition variations of 50%:50%, 60%:40%, 70%:30%. The results of the internal mixer were injection molded with a cylinder temperature of 180°C, Mold Temperature 42°C, Injection Pressure 800 Bar, Holding Pressure 200 Bar which produced samples with ASTM D638-4 standards. The results of the mixing process carried out by the tensile test produced a sample with the best value, namely a composition of 70%:30% with a tensile strength, namely stress and strain of 27.83 MPa.

Article History

Submitted: 5 Desember 2024

Accepted: 11 Desember 2024

Published: 12 Desember 2024

Key Words

Composite Nanoparticles, Morphological and Chemical Testing, Internal Mixer, Injection molding, Tensile Test.

Abstrak

Pemanfaatan bambu hitam digunakan sebagai biomaterial yang dapat direkayasa untuk menghasilkan nanopartikel komposit. Proses rekayasa melibatkan penambahan nanopartikel bambu hitam ke dalam material matriks High Density Polyethylene Recycle. Pada proses pembuatannya partikel disaring menggunakan ukuran Mesh yaitu 400. Setelah melakukan proses yang panjang lalu menghasilkan nanopartikel bambu hitam yang dilanjutkan untuk menguji karakterisasi morfologi dan kimia. Berdasarkan pengujian SEM karakterisasi morfologi bentuk partikel yang dihasilkan bulat tidak sempurna, panjang dan gumpalan. Pengujian EDX unsur kimia yang dihasilkan bambu hitam karbon 68.8%, oksigen 16.9%, dan nitrogen 14.3%. Pengujian FTIR gugus fungsi yang terkandung didalam bambu hitam yaitu senyawa halo, alkene, amine, alkane, aromatic dan asam karbosilat. Pengujian XRD menunjukkan pola gelombang *amorphous* yang lebar dan landai. UV-VIS menggunakan perbandingan 1:10 menghasilkan serapan gelombang 331.0 absorbansi 4.000 dan 1:20 menghasilkan serapan gelombang 309.0 absorbansi 4.000 yang menandakan bahwa nanopartikel terbentuk. Pencampuran nanopartikel bambu dan HDPE menggunakan mesin *internal mixer* dengan suhu 150°C dengan laju kecepatan rotor 80 RPM selama 10 menit dengan variasi komposisi 50%:50%, 60%:40%, 70%:30%. Hasil dari *internal mixer* dilakukan *Injection molding* dengan

Sejarah Artikel

Submitted: 5 Desember 2024

Accepted: 11 Desember 2024

Published: 12 Desember 2024

Kata Kunci

Nanopartikel Komposit, Pengujian Morfologi dan Kimia, Internal Mixer, Injection molding, Uji Tarik.

suhu *cylinder* 180°C, Temperatur *Mold* 42°C, *Injection Pressure* 800 Bar, *Holding Pressure* 200 Bar yang menghasilkan sampel dengan standar ASTM D638-4. Hasil dari proses pencampuran dilakukan uji tarik menghasilkan sampel dengan nilai terbaik yaitu pada komposisi 70%:30% dengan kekuatan tarik yaitu tegangan dan regangan 27,83 MPa.

PENDAHULUAN

Perkembangan dalam pemanfaatan material komposit pada era ini semakin memiliki variasi-variasi, serta dengan meningkatnya kebutuhan material yang meluas pada material komposit. Komposit merupakan salah satu bahan alternatif yang mempunyai banyak kelebihan seperti ringan, kuat, tahan terhadap korosi, ekonomis dan sebagainya. Dengan banyaknya pengembangan serat komposit, untuk mengurangi dampak lingkungan hidup maka serat komposit menggunakan alternatif serat alami. Penggunaan komposit serat alam lebih diminati karena disamping biayanya relatif lebih terjangkau serta bersifat ramah lingkungan dan bahan yang mudah diperbarui. Serat digunakan sebagai elemen penguat yang sangat menentukan sifat mekanik dari komposit, karena campuran dari bahan serat tersebut meneruskan beban yang didistribusikan oleh matriks. Dalam orientasi ukuran, volume campuran bahan, dan bentuk serta material serat yang sangat mempengaruhi kekuatan komposit tersebut. Serat alam yang di kombinasikan dengan HDPE *Recycle* sebagai matriks akan dapat menghasilkan inovasi komposit alternatif yang dapat digunakan untuk kebutuhan material industri, otomotif, maupun kebutuhan rumah tangga.

Salah satu serat alam yang cukup banyak tersedia di sekitar yaitu bambu. Bambu merupakan tanaman sebangsa rumput yang banyak tumbuh di negara kita. Tanaman ini dapat tumbuh di daerah beriklim panas maupun dingin. Kebanyakan di daerah pedesaan tanaman bambu dibiarkan tumbuh liar, walaupun tidak mendapatkan perawatan, bambu dapat tumbuh dengan baik. Sampai saat ini pemanfaatan bambu sebagai serat alam belum diolah secara besar-besaran oleh para pengrajin bambu. Serat bambu sangat potensial digunakan sebagai penguat bahan baru pada komposit. Beberapa keistimewaan pemanfaatan serat bambu sebagai bahan baru rekayasa antara lain menghasilkan komposit alam yang ramah lingkungan, harga lebih murah dibandingkan dengan serat sintetik, memiliki berat jenis rendah, memiliki kekuatan spesifik yang tinggi, mudah diperoleh dan merupakan sumber daya alam yang dapat diolah kembali.

Secara ekologis, tanaman bambu dominan di wilayah subtropis dan tropis. Namun, habitat bambu juga mencakup hutan jenis konifer, hutan gugur, beriklim sedang, hutan pegunungan, hutan tropis dataran rendah, hutan basah, dan padang rumput. Di seluruh dunia, sekitar 123 genera dan lebih dari 1500 spesies tanaman bambu telah teridentifikasi [6]. Namun bambu memiliki keanekaragaman terkaya di Asia. Terdapat sekitar 50 genera dan 900 spesies atau sekitar 75% dari total spesies di dunia. Serat bambu merupakan salah satu jenis dari serat alam yang dapat dijadikan bahan penguat komposit. Salah satu keunggulan serat alam yaitu elastis, kuat, bahan baku melimpah, ramah lingkungan dan pembuatannya mengkonsumsi energi sekitar 70% , yang lebih rendah dibandingkan dengan komposit polimer serat gelas.

Komposit polimer saat ini bersaing dengan komposit matriks logam maupun keramik. Berbagai pemrosesan komposit terus dilakukan diarahkan ke sasaran produk yang banyak diminati. Sebagai contoh untuk bahan alternatif atau bahan pengganti material berbagai produk yang dihasilkan oleh industri, khususnya industri manufaktur. Selama ini umumnya menggunakan bahan polimer termoset tetapi karena sifatnya yang tidak bisa terurai dengan alam dan tidak bisa didaur ulang, maka dengan ini bahan polimer dialihkan memakai *High density polyethylene*

(HDPE) *Recycle* yang digunakan merupakan limbah plastik yang tersedia melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal, ini merupakan salah satu polimer terbesar yang diproduksi untuk kebutuhan rumah tangga maupun industri. Selain ringan, mudah dibentuk, cukup keras, tahan goresan dan dapat didaur ulang, tetapi pada proses pencetakannya perlu membutuhkan panas. Perpaduan dari perkembangan teknologi dan perkembangan pemikiran manusia inilah yang menjadi modal perkembangan ilmu pengetahuan. Dengan pikiran yang mampu menalar, manusia dapat mengembangkan ilmu pengetahuan sehingga dapat bermanfaat bagi kehidupan sehari-hari. Salah satu diantaranya yaitu pengembangan nanoteknologi.

Nanoteknologi adalah ilmu yang mempelajari rekayasa penciptaan dan pengembangan material dalam skala nanometer. Nanoteknologi sangat menarik perhatian para peneliti untuk mempelajari dan mengembangkannya lebih dalam. Dari nanoteknologi ini para peneliti berlomba-lomba untuk menciptakan karya baru. Nanoteknologi selalu dikaitkan dengan material yang memiliki ukuran nano atau yang biasa disebut dengan nanomaterial. Nanomaterial memiliki ukuran dalam skala nanometer berkisar 1-100 nm. Nanomaterial menarik minat para peneliti untuk mendalaminya lebih jauh lagi. Nanomaterial menunjukkan sifat dan fungsi yang berbeda dengan material sejenis yang memiliki ukuran besar (*bulk*). Dalam ukuran nano, suatu material memiliki luas penampang yang lebih besar sehingga materi dalam ukuran nano lebih reaktif dibandingkan materi dalam ukuran besar. Ketika suatu material memiliki ukuran nano, maka berlaku hukum fisika yaitu fisika kuantum. Terdapat beberapa fenomena kuantum yang muncul sebagai akibat dari pengecilan ukuran material normal menjadi material nano. Nanomaterial dapat terjadi secara alamiah ataupun dengan jalan sintesis oleh manusia. Pembuatan nanomaterial secara sintesis dapat dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu *top-down* dan *bottom-up*. Baik pendekatan *top-down* maupun *bottom-up*, keduanya memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Sehingga sulit menentukan mana diantara keduanya yang merupakan cara sintesis terbaik untuk membuat struktur yang diinginkan. Namun, untuk membuat struktur pada tingkat atom atau molekul dapat diperoleh dengan pendekatan *bottom-up*, sedangkan untuk struktur kompleks seperti interkoneksi dan sirkuit mikro dan nano dapat diperoleh dengan pendekatan *top-down*.

Secara umum, sintesis nanomaterial dapat dilakukan dengan dua pendekatan. Pendekatan pertama dilakukan dengan cara memecah partikel yang berukuran besar menjadi partikel yang memiliki ukuran nanometer. Pendekatan ini disebut dengan pendekatan *top-down*. Pendekatan yang kedua dilakukan dengan cara menyusun atom demi atom atau molekul demi molekul menjadi suatu ukuran yang diinginkan. Pendekatan ini disebut dengan pendekatan *bottom-up*. Dari Proses Pembuatan Material yang sudah dijabarkan sebelumnya akan dilanjutkan dengan melakukan beberapa pengujian material yaitu:

1. SEM (*Scanning Electron Microscopy*)
2. EDX (*Energy Dispersive X-Ray*)
3. FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)
4. XRD (*X-Ray Diffraction*)
5. UV-VIS (*Ultraviolet Visible Spectroscopy*)
6. Uji Tarik

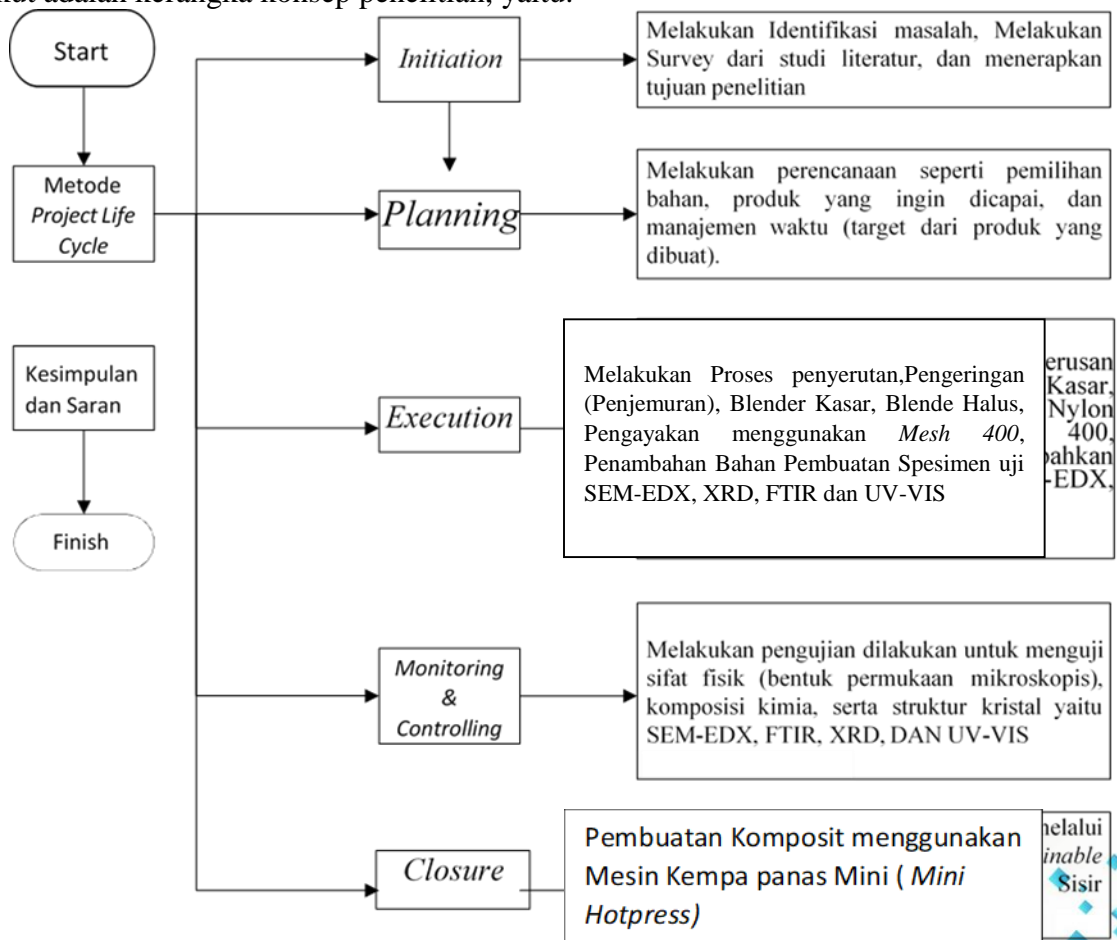
Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sifat-sifat material yang akan diproses untuk pembuatan komposit HDPE *Recycle* dengan Nanopartikel bambu hitam. Penelitian ini berfokus pada bagaimana ilmu pengetahuan dapat berkembang melalui teknologi yang semakin maju serta berkonsentrasi pada inovasi. Pemanfaatan dan penggunaan nanopartikel bambu hitam sebagai alternatif dalam pembuatan komposit. Sehingga, dapat mengurangi penggunaan komposisi plastik. Diharapkan pada penelitian lebih lanjut yang dilakukan dapat memperbesar potensi

penggunaan bambu dalam berbagai industri. Bambu dipilih karena memiliki beberapa kelebihan yaitu dalam proses pertumbuhannya yang cukup cepat dibanding dengan tumbuhan lain, proses panen cukup cepat serta dapat diandalkan sebagai bahan komposisi pada komposit dipanen dan sifat mekanisnya yang ideal untuk komposit. Untuk matriks, plastik *High Density Polyethylene (HDPE) Recycle* dipilih karena dapat didaur ulang, tahan korosi, ringan, dan tahan lama. Selama proses rekayasa material, karakteristik bambu dievaluasi menggunakan berbagai metode spektroskopi dan pengujian mekanis komposit. Diharapkan pada penelitian yang telah dilakukan ini akan menghasilkan peluang untuk pembuatan komposit yang kuat, ringan, dan ramah lingkungan. Rencana hasil penelitian yang telah didapatkan ini yaitu adalah mengaplikasikan nanopartikel plastik komposit ini dalam sektor komponen otomotif. Diharapkan dapat menjadi produk inovatif, efisien, dan berkelanjutan.

METODOLOGI PENELITIAN

Kerangka Konsep Penelitian

Kerangka konsep Analisis Nanopartikel Komposit Menggunakan Bambu Hitam Dengan Matriks Termoplastik HDPE *Recycle* mencakup beberapa elemen kunci yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan, pengembangan, dan karakterisasi material tersebut. Berikut adalah kerangka konsep penelitian, yaitu:



Gambar 3. 2 Kerangka Konsep Penelitian PLC

Penggunaan kerangka konsep *Project Life Cycle* (PLC) dalam penelitian Analisis Nanopartikel Komposit Menggunakan Bambu Hitam Dengan Matriks Termoplastik HDPE *Recycle* memiliki beberapa alasan yang mendasar. Pertama, fase initiation pada PLC menjadi langkah awal yang krusial, di mana penelitian ini akan memulai perencanaan dan pengembangan konsep mengenai penggunaan nanopartikel bambu hitam dalam komposit termoplastik HDPE *Recycle*. Fase ini membantu dalam mengidentifikasi tujuan penelitian, masalah, serta menentukan relevansi dan kelayakan.

1. fase *planning* akan merinci langkah-langkah yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan penelitian. Pada Analisis Nanopartikel Komposit Menggunakan Bambu Hitam Dengan Matriks Termoplastik HDPE *Recycle*, fase ini akan melibatkan perancangan eksperimen, pemilihan metode analisis, dan perencanaan penggunaan nanopartikel dalam proses produksi termoplastik HDPE *Recycle*.
2. Fase *execution* merupakan implementasi dari rencana yang sudah disusun sebelumnya. Pada tahap ini, penelitian akan mulai melakukan eksperimen dan pengumpulan data terkait dengan karakteristik komposit yang dihasilkan. Pemantauan dan kontrol yang cermat diperlukan untuk memastikan bahwa penelitian berjalan sesuai dengan rencana dan menghasilkan data yang akurat.
3. Fase *monitoring & controlling* akan melibatkan pemantauan terus-menerus terhadap progres penelitian dan pengambilan data. Analisis terhadap data yang diperoleh akan membantu memastikan keberlanjutan eksperimen dan kualitas hasil penelitian.
4. fase *closure* akan menandai akhir dari penelitian ini. Pada tahap ini, penelitian akan dievaluasi dan hasilnya diinterpretasikan. Selain itu, aspek *closure* dalam PLC juga mencakup penyusunan laporan akhir yang dapat digunakan untuk publikasi ilmiah atau aplikasi praktis.

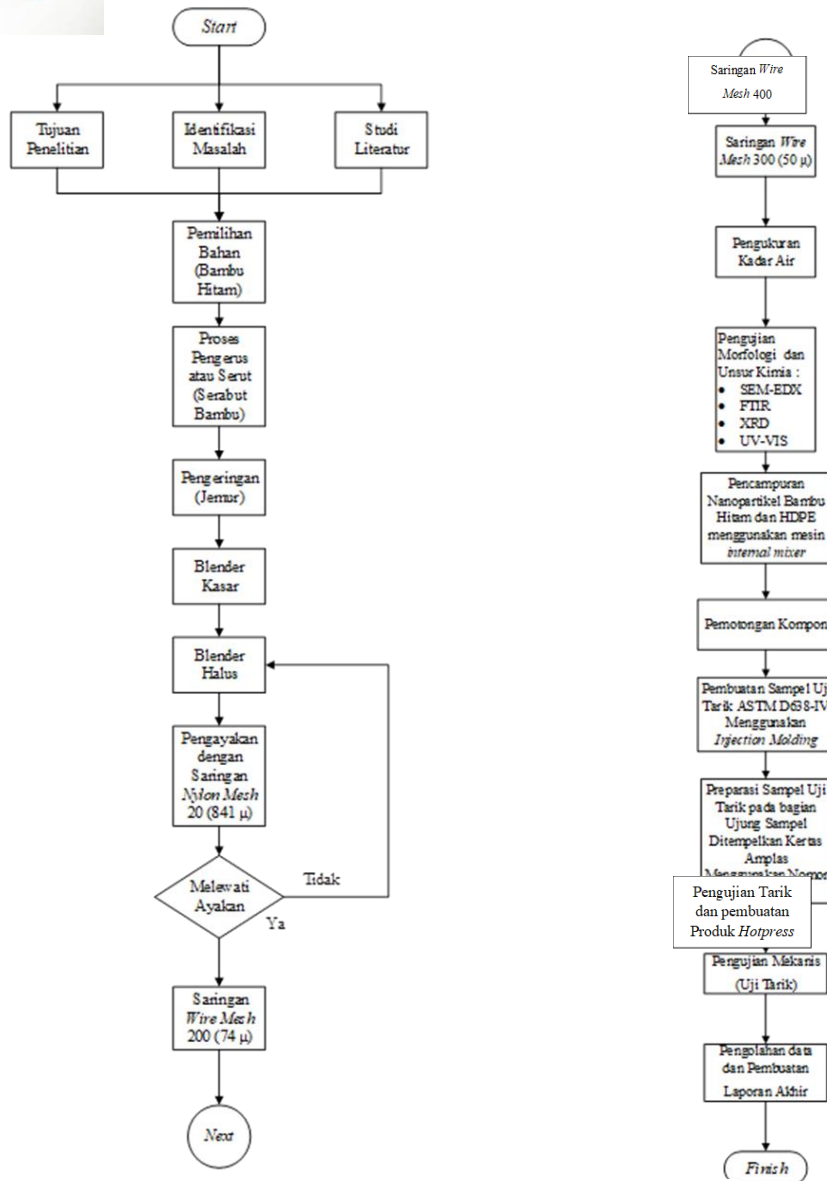
Penggunaan kerangka konsep *Project Life Cycle* ini membantu memastikan bahwa penelitian mengenai Analisis Nanopartikel Komposit Menggunakan Bambu Hitam Dengan Matriks Termoplastik HDPE *Recycle* dilakukan secara sistematis dan terstruktur, dari perencanaan hingga pengambilan kesimpulan, sehingga dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam pengembangan material komposit.

Diagram Alir

Diagram Alir atau *Flow Chart* merupakan langkah-langkah dari proses yang menyatakan awal dan akhir dari suatu proses Analisis Nanopartikel Menggunakan Bambu Hitam Dengan Matriks Termoplastik HDPE. Dimulai dari melakukan identifikasi masalah, studi literatur dan tujuan

Metode Penelitian

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



Gambar 3. 3 Diagram Alir

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.

Pemilihan Bahan (Bambu)

Pemilihan bahan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menyiapkan bambu dengan jenis bambu hitam (*Gigantochloa atroviolacea*) sebagai bahan baku utama pada penelitian ini.

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.

Blender Halus

Blender Halus merupakan proses pengilingan bambu yang berbentuk bubuk yang bercampur dengan serat. Proses ini menggunakan blender yang akan menghasilkan pengilingan halus agar mendapatkan hasil yang cepat dan mengefisiensi waktu.

Mesh 400

Mesh 400 merupakan saringan yang menggunakan ukuran 37 Micron. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan hasil dari penyaringan yang nantinya akan digunakan sebagai bahan baku utama dari pembuatan komposit.

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.

Pencampuran Nanopartikel Bambu Hitam dan HDPE Recycle 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 *Recycle* 50% Nanopartikel bambu hitam, 60% HDPE *Recycle* 40% Nanopartikel bambu hitam dan 70% HDPE *Recycle* 30% Nanopartikel bambu hitam. Proses ini menggunakan mesin *rheomixer* dengan suhu 150°C dan kecepatan rotor 80 RPM selama 10 menit. Hasil dari proses *hot blending* yaitu berupa kompon.

Pemotongan Kompon

Pemotongan kompon 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*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

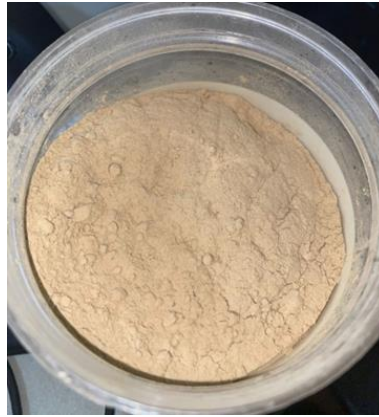
Hasil Preparasi Sampel

Pada tahap awal penelitian ini dilakukan preparasi atau penyiapan sampel yang akan digunakan. Tahap pertama yaitu bambu hitam di belah menjadi beberapa bagian agar lebih mudah saat proses penyerutan. Bambu yang digunakan bagian dalam bambu hitam, sedangkan kulit bambu tidak digunakan. Setelah itu tahap kedua menyerut batang bambu menggunakan mesin serut agar menghasilkan serat dari bambu hitam. Hasil dari proses penyerutan batang bambu ditunjukkan pada Gambar 4.1 di bawah ini



Gambar 4. 1 Hasil dari proses Penyerutan

Gambar 4.2 tahap ketiga, dari serat bambu yang sudah dihasikan diblender kasar terlebih dahulu agar proses selanjutnya menggunakan blender halus mesin yang digunakan tidak rusak dan hasilnya optimal dalam menghasilkan ukuran mikropartikel. Gambar 4.2 tahap ketiga, dari serat bambu yang sudah dihasikan diblender kasar terlebih dahulu agar proses selanjutnya menggunakan blender halus mesin yang digunakan tidak rusak dan hasilnya optimal dalam menghasilkan ukuran



mikropartikel.

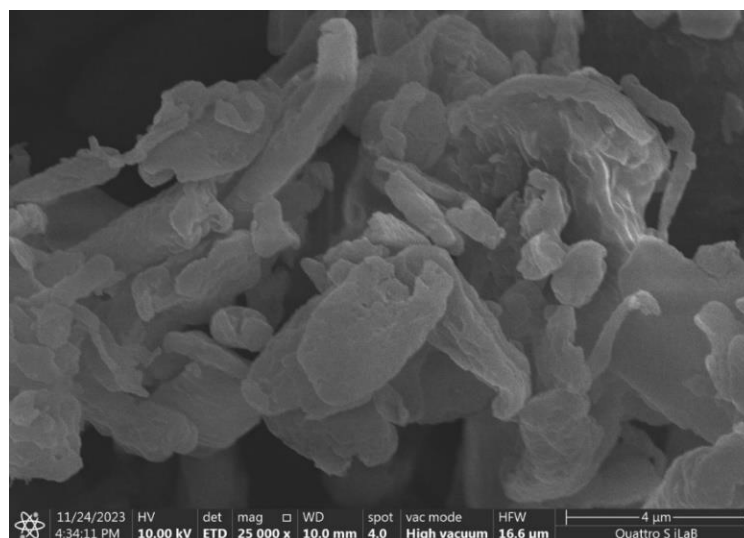
Gambar 4. 2 Hasil Dari Blender Kasar

Gambar 4.3 tahap keempat serbuk partikel dari blender kasar, diubah menjadi blender halus. Hal ini dilakukan agar dapat memudahkan dan mempercepat saat proses penyaringan. Hasil dari diblender halus dilakukan proses penyaringan menggunakan *Mesh 400* ($37\ \mu$) secara bertahap hingga mendapatkan hasil yang cukup untuk digunakan pada penelitian ini.

Hasil Karakterisasi

Karakterisasi Morfologi Dengan Uji SEM (Scanning Electron Microscope)

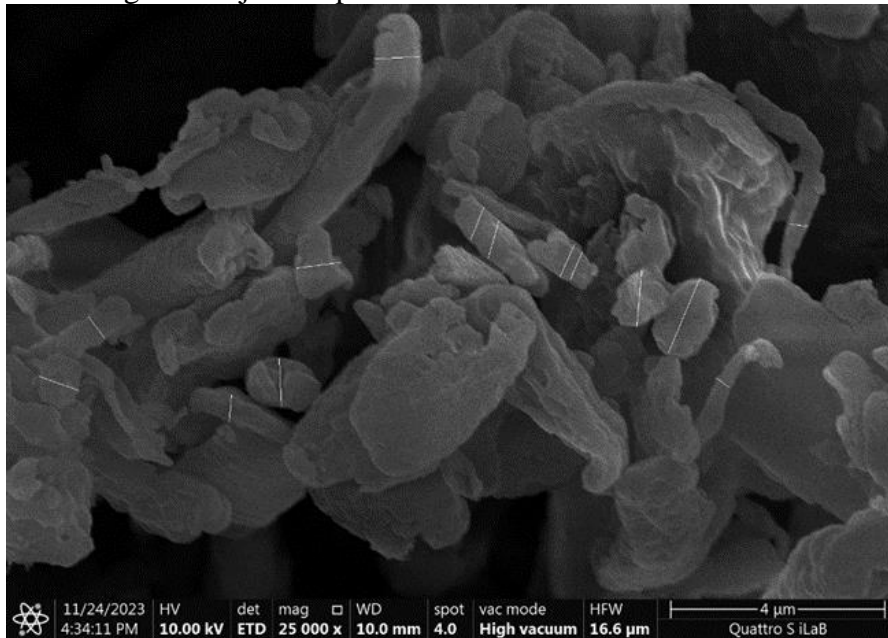
Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) yang ditunjukkan pada Gambar 3.13 merupakan pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan bentuk permukaan yang dianalisis.



Gambar 4. 3 Hasil Penyaringan *Mesh 400*

Gambar 4.5 hasil pengujian SEM dilakukan untuk mendapatkan visualisasi dari hasil partikel bambu hitam dengan umur di bawah 1 tahun yang telah dibuat dan sebelum dicampur dengan matriks HDPE *Recycle*.

Pada Gambar 4.5 hasil uji SEM 25.000x perbesaran diatas menunjukkan bahwa nanopartikel bambu hitam umur di bawah 1 tahun memiliki bentuk partikel seperti Gumpalan, Panjang dan bulat tidak sempurna. Gumpalan pada partikel bisa disebabkan adanya proses aglomerasi yaitu adanya penumpukkan saat terjadi proses blender, sehingga karbon (C) yang menumpuk menghasilkan reaksi mechanical dari putaran mesin blender dan chemical berupa reaksi yang terjadi antara ikatan C dengan C yang baru. Bentuk panjang pada partikel memiliki kandungan unsur kimia dari nanopartikel dapat mengikat satu sama lain sehingga menyusun bentuk yang panjang. Bentuk partikel bulat tidak sempurna memiliki banyak sudut pada permukaannya sehingga dapat memperkuat ikatan dengan molekul dan kandungan unsur kimia dari bambu hitam. Untuk mengetahui diameter dari nanopartikel bambu hitam maka harus dilakukan pengukuran dengan menggunakan aplikasi ImageJ. Proses dari pengukuran diameter partikel menggunakan ImageJ ditunjukkan pada Gambar 4.6 di bawah ini.



Gambar 4. 4 Pengukuran Diameter Nanopartikel

Gambar 4.5 dengan garis putih menunjukkan tanda partikel yang dilakukan pengukuran dengan aplikasi ImageJ. Dari hasil pengukuran bahwa nanopartikel bambu hitam menunjukkan diameter dengan berukuran nano, karena ukuran diameter rata – rata memiliki nilai sebesar 69.52 nanometer seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Diameter Nanopartikel

No.	Diameter (nm)	No.	Diameter (nm)
1.	60.73	7.	48.09
2.	52.25	8.	31.25
3.	94.12	9.	75.11
4.	79.84	10.	31.52
5.	144.71	11.	81.35
6.	85.51	12.	49.79

Rata-rata

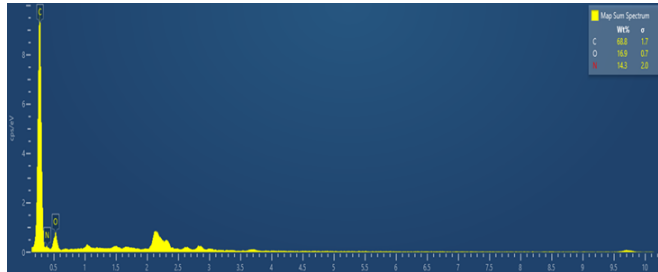
69.52 nm

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

Pengujian EDX (*Energy Dispersion X-Ray*) yang merupakan pengujian yang digunakan untuk menganalisis unsur atau karakteristik kimia pada sampel partikel bambu hitam.

Gambar 4. 5 Grafik Uji EDX

Berdasarkan Tabel 4.2 di bawah ini komponen dan kandungan yang dihasilkan terdapat unsur



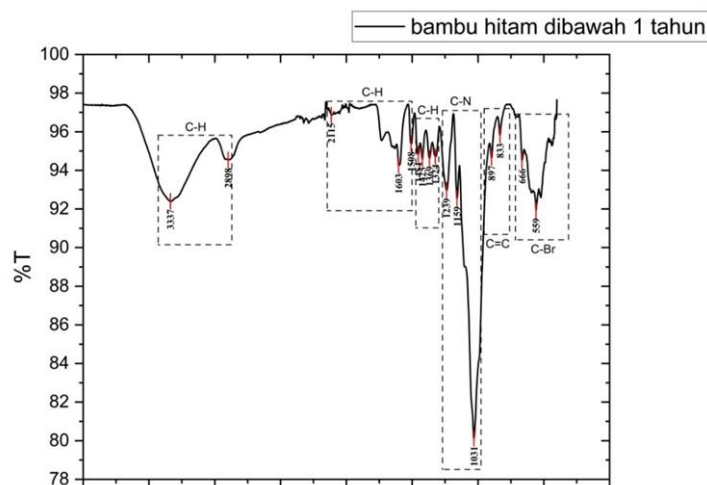
dengan presentase besar yaitu kandungan Karbon (C)= 68.8%. Unsur Karbon (C) dihasilkan dari proses mengubah serat bambu menjadi partikel menggunakan mesin blender (grinding machine). Kemudian terdapat unsur dengan presentase kecil seperti kandungan Oksigen (O) 16.9% dan kandungan Nitrogen (N) 14.3%. maka dari data nanopartikel bambu hitam dapat diketahui bahwa kandungan Karbon (C) mendominasi dengan presentase sebesar 68.8%.

Tabel 4. 2 Unsur Yang Dihasilkan Uji EDX

Komponen	Kandungan
Karbon (C)	68.8%
Oksigen (O)	16.9%
Nitrogen (N)	14.3%

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

FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) seperti yang terlihat melalui Gambar 3.14, merupakan metode analisis material yang cepat, tidak rumit, dan tidak merusak. Ini memungkinkan identifikasi dan visualisasi karakteristik kimia suatu zat melalui spektrum FTIR. Analisis serapan FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada partikel bambu hitam.



Gambar 4. 6 Hasil Pengujian FTIR

Grafik spektrum memperlihatkan hubungan antara bilangan gelombang (cm^{-1}) pada sumbu x dan nilai transmitansi (%) pada sumbu. Spektrum transmitansi IR sampel partikel bambu terlihat melalui Gambar 4.7 memperlihatkan bilangan gelombang gugus fungsi.

Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.7 spektrum FTIR nanopartikel bambu menunjukkan banyak puncak serapan, yang menunjukkan bahwa sampel yang dianalisis memiliki banyak jenis ikatan (gugus fungsi). Identifikasi gugus fungsi secara langsung berkorelasi dengan bilangan gelombang spesifik di mana pita spektrum FTIR terdeteksi, seperti pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

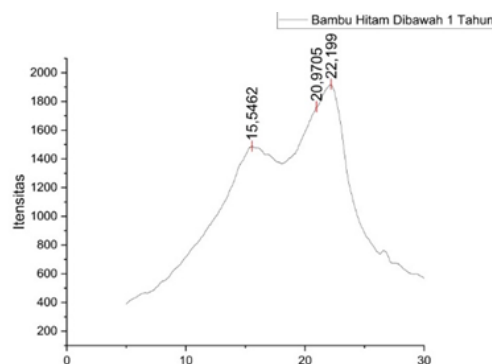
Tabel 4. 3 Analisis Spektra FTIR Nanopartikel Bambu Hitam

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi	Intensitas
559-666 (cm^{-1})	C-Br	Kuat
833-897 (cm^{-1})	C=C	Kuat
1031-1239 (cm^{-1})	C-N	Sedang
1324-1454 (cm^{-1})	C-H	Sedang
1603-2115 (cm^{-1})	C-H	Lemah
2898-3337 (cm^{-1})	C-H	Kuat

Berdasarkan hasil pengujian FTIR pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa sampel partikel bambu hitam menunjukkan pita serapan yang bervariasi. Pada pengujian ini diperoleh hasil bahwasanya C-Br senyawa *halo* dengan pita serapan yang kuat terdapat pada panjang 559-666(cm^{-1}). C=C senyawa *alkena* dengan pita serapan yang kuat terdapat pada panjang gelombang 833-897(cm^{-1}). C-N senyawa *amina* dengan pita serapan yang sedang terdapat pada panjang gelombang 1031-1239(cm^{-1}). C-H senyawa *alkana* dengan pita serapan yang sedang terdapat pada panjang gelombang 1324-1454(cm^{-1}). C-H senyawa *aromatik* dengan pita serapan yang lemah terdapat pada gelombang 1603-2115 (cm^{-1}). C-H senyawa *alkuna* dengan pita serapan yang kuat terdapat pada gelombang 2898-3337(cm^{-1}).

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

X-Ray Diffraction (XRD) yang ditunjukkan pada Gambar 3.15 merupakan teknik analisis yang digunakan untuk menentukan keberadaan suatu senyawa dan menganalisis struktur kristal. Teknik ini memanfaatkan pola difraksi yang dihasilkan oleh interaksi sinar-X dengan kisi kristal pada suatu material. Difraksi *amorf* pada analisis dihasilkan karena nanopartikel bambu hitam masih berbentuk padatan partikel belum dicampur dengan HDPE. Puncak (*peak*) yang lebar menunjukkan struktur *amorf* seperti yang ditunjukkan hasil analisis di bawah ini:



Gambar 4. 7 Hasil Analisis Difraksi Amorf

Bentuk puncak (*peak*) terjadi pada sudut 2θ diantara $15^\circ - 22^\circ$. Puncak yang terbentuk menunjukkan bentuk amorf karena puncak tersebut lebar dan landai. Dari hasil ini menunjukkan bahwa besarnya sudut memberikan indikasi karakteristik dan struktur cukup memberikan pengaruh yang signifikan pada tingkat keteraturan atau ketidakteraturan nanopartikel bambu hitam.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Metode *top-down* merupakan proses dimana material *bulk* (material dalam ukuran besar) dikurangi ukurannya menjadi nanopartikel. Proses yang dilakukan untuk menghasilkan nanopartikel bambu hitam pada penelitian ini yaitu dimulai dari proses Pemotongan, Penyerutan, Penjemuran, Tahap Pemplenderan Kasar, Tahap Pemplenderan Halus, Pengayakan partikel bambu hitam menggunakan saringan dengan ukuran *Mesh 400* (37μ) sehingga terbentuklah nanopartikel bambu hitam.
2. Setelah Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) diketahui bahwa visualisasi dari hasil nanopartikel bambu hitam memiliki bentuk partikel Gumpalan, Panjang dan bulat tidak sempurna gumpalan ini akibat penumpukan senyawa Karbon (C) pada saat proses penghalusan oleh Blender.
3. Evaluasi sifat Tarik komposit terhadap pengaruh dengan variasi paduan komposisi nanopartikel bambu hitam dan HDPE *Recycle* terhadap peningkatan kekuatan yang dihasilkan menyesuaikan dengan formula paduan yang sudah ditentukan yaitu (50% HDPE *Recycle* : 50% Partikel Bambu Hitam) dengan hasil Tegangan Tarik sebesar 26MPa, (60% HDPE *Recycle* : 40% Partikel Bambu Hitam) dengan Hasil Tegangan Tarik Sebesar 25,5 MPa, (70% HDPE *Recycle* : 30% Partikel Bambu Hitam) dengan Hasil Tegangan Tarik 27,5 Mpa.
4. Dengan melihat hasil dari pengujian Tarik dengan mempertimbangkan Tegangan, Regangan serta Modulus Elastisitas yang memiliki keunggulan pada Formula 70% HDPE *Recycle* : 30 % Partikel Bambu Hitam). Dengan hasil tegangan tarik 27,5MPa dengan rata-rata Modulus Elastisitas sebesar 17,57 Gpa.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, diharapkan agar penelitian selanjutnya dapat lebih optimal terutama dalam jumlah pengujian sifat tarik agar hasil yang didapat lebih optimal, penelitian ini merupakan pengujian pada benda statis (tidak bergerak) komposit yaitu komposit. jika penelitian ini akan dikembangkan dikemudian hari sebagai benda dinamis (dapat bergerak) diharapkan melakukan pengujian lebih lanjut seperti pengujian beban dinamis dan pengujian keausan (Fatigue).

DAFTAR PUSTAKA

- T. Trimanto, D. Wahyu Annisa, and D. Hanasari, "Karakterisasi morfologi. perbanyak vegetatif dan potensi bambu (*Gigantochloa* dan *Schirostachyum*) sebagai tanaman untuk konservasi tanah dan sv. J. Pemuliaan Tanam Hutan, vol. 14, no 1 pp. 43-53, 2020, doi 10.20886/jpht 2020.14.1.43-53.
- A. Sujarwanta and S. Zen, Jenis-jenis Bambu dan potensinya, 2020

- P3E Kalimantan, "Sekilas keunggulan bambu (Aksi Menanam Bambu Balikpapan 2014-2017), P3E Kalimantan Menink Gold, 2017
- F. Rusch, A. D. Wastowski. I. S. de Lira. K. C. C. S. R. Moreira, and D. de Moraes Lúcio. "Description of the component properties of species of bamboo a review," *Blomaxs Convers. Biorefinery*, vol. 13, no. 3, pp. 2487-2495, 2023, doi 10.1007/s13399-021-01159-3.
- F Edition, *Plastics Technology Handbook, Fifth Edition 2017*. doi: 10.1201/9781315155876.
- 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.
- S. Ibrahim, "Mesin Vertical Pastic Injection Molding Untuk Mendaur Ulang Sampah Plastik Rumah Tangga." *J Vokasi Teknol Ind*, vol. 4, no. 1, pp. 043-051, 2022.
- [8] Pickering, K. L., Efendy. M. G. A. & Le. T. M. (2016). A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance *Jornal Composites: Part 1* 83, 98-112.
- Mallick, P. K. (2007), *Fiber-reinforced Composites Materials Manufacturing, and Design*, 3rd ed. CRC Press Taylor & Francis Group
- [10] Marková, I., et al. (2018). Thermal Parameters of Beech Wood Dust *Journal Bioresources* 13(2), 3098-3109.
- Z. Adriant, Yulianto, R. Forster, and D. L. Zariatn, "The Effect Of Mesh Size On Mechanical And Thermal Properties Of Bamboo Composites," *J. Energy, Mech. Mater. Manuf. Eng.*, vol. 10, no. 20, pp. 1-13, 2019.
- 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.
- T. Suharti, *DASAR-DASAR SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS DAN SPEKTROMETRI MASSA UNTUK PENENTUAN STRUKTUR SENYAWA ORGANIK*. 2017.
- H. N. Beliu, Y. M. Pelle, and J. U. Jarson, "Analisa kekuatan tarik dan bending pada komposit widuri - polyester," *J. Tek. Mesin UNDANA - Lontar*, vol. 03, no. 02, pp. 11–20, 2016.
- Berlin dan Etsu, 2020. *Jenis dan Prospek bisnis bambu*. Penebar Swadaya Jakarta
- Astuti, R. (2016). *Penerapan Metode Interpolasi Linear Dan Metode SuperResolusi Pada Pembesaran Citra, Jurnal Infotek, Vol 1, No 2*.
- ASTM D-638-02 *Standart test method for tensile properties of plastics*. Philadelphia, PA : American Society for Testing and Material.
- Z. Adriant, Yulianto, R. Forster, and D. L. Zariatn, "The Effect Of Mesh Size On Mechanical And Thermal Properties Of Bamboo Composites," *J. Energy, Mech. Mater. Manuf. Eng.*, vol. 10, no. 20, pp. 1–13, 2019.

Pembuatan Sampel Uji Tarik ASTM D638-IV Menggunakan *Injection molding*

Pembuatan sampel uji tarik menggunakan mesin *vertical Injection molding haake minijet pro*. Dengan suhu 180°C dan *pressure* 710 Bar. hasil dari proses tersebut menghasilkan sampel ASTM D638-IV.

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.

Pengolahan Data dan Pembuatan Laporan Akhir

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