

ANALISIS KUAT TARIK DAN MULUR TERHADAP PLASTIK BIODEGRADABLE DENGAN PENAMBAHAN TiO₂

Fira Yurdanianti^{1,a}, Jumardin Jumardin^{2,b*}

^{1,2}Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Negeri Alauddin Makassar

^afirayurdanianti@gmail.com, ^bjumardin.jumardin@uin-alauddin.ac.id

ABSTRACT: Biodegradable plastic (bioplastic) is a very potential candidate because it is generally biodegradable. Starch-based bioplastics have several advantages, including renewable, biodegradable and easy to process. The aim of this research is to determine the potential of durian seed waste starch with the addition of TiO₂ as an environmentally friendly bioplastic. The method used is by measuring thickness, tensile strength testing and creep strength testing. This research resulted in the best material being obtained in samples with a thickness of 0.2 mm, a tensile strength of 22.96 % and an elongation strength of 25.55 %. The results obtained are biodegradable plastic made from Durian seed waste starch with the addition of TiO₂ which can be an alternative to plastic. The basic waste materials of course the results obtained in this research are environmentally friendly, safe for health and of course have affordable prices for all levels of society.

ABSTRAK: Plastik biodegradable (bioplastik) merupakan salah satu kandidat yang sangat potensial karena pada umumnya dapat terurai secara hayati. Bioplastik berbahan dasar pati memiliki beberapa keunggulan antara lain terbarukan, biodegradabilitas dan mudah dalam pengolahannya. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui potensi pati limbah biji durian dengan tambahan TiO₂ sebagai bioplastik yang ramah terhadap lingkungan. Metode yang digunakan yaitu dengan melakukan pengukuran ketebalan, pengujian kuat tarik serta pengujian kuat mulur. Penelitain ini menghasilkan material terbaik yang diperoleh pada sampel dengan ketebalan 0,2 mm, kuat tarik sebesar 22,96 % serta kuat mulur sebesar 25,55 %. Hasil yang diperoleh plastik *biodegradable* yang terbuat dari pati limbah biji Durian dengan penambahan TiO₂ yang mampu menjadi alternatif pengganti plastik. Bahan dasar limbah tentunya hasil yang diperoleh dalam penelitian ini ramah lingkungan, aman bagi kesehatan dan tentunya memiliki harga yang terjangkau bagi seluruh kalangan masyarakat.

Kata Kunci: biodegradable, elongation, plastic, tensile strength, TiO₂

**corresponding author*

email: jumardin.jumardin@uin-alauddin.ac.id

DOI:

PENDAHULUAN

Penggunaan teknologi pengolahan sampah plastik serta pengembangan bahan plastik dengan bahan dasar yang dapat hancur dan terurai dalam lingkungan yang dikenal dengan istilah plastik biodegradable. Plastik biodegradable diproduksi dengan rancangan dapat membantu serta memudahkan proses degradasi terhadap reaksi enzimatik mikroorganisme misalnya bakteri dan jamur (Amiruddin, 2020). Plastik biodegradable terbuat dari material yang dapat diperbaharui, yaitu dari senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman misalnya pati, selulosa, kolagen, kasein, protein atau lipid yang terdapat dalam hewan. Penggunaan material biodegradable dari sumber daya alam yang dapat diperbarui sangat membantu mengurangi persentase limbah plastik. Oleh sebab itu banyak upaya telah dilakukan untuk mempercepat laju degradasi material polimer dengan mengganti beberapa bahan dasar maupun menyeluruh polimer sintesis dengan bahan polimer alami dalam banyak penggunaan sebagai suatu langkah dalam mengurangi masalah yang timbul di lingkungan yang merupakan dampak yang dihasilkan oleh limbah plastik (Aripin et al., 2017). Beberapa penelitian telah memanfaatkan pati dari kulit singkong, umbi-umbian dan jagung. Plastik biodegradable yang terbuat dari bahan pati memiliki beberapa kelemahan, diantaranya kurang tahan terhadap air (kurang hidrofobik atau bersifat hidrofilik) (Safiah, 2023).

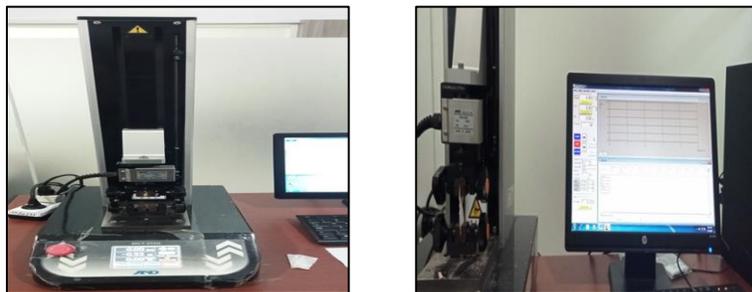
Pati merupakan salah satu jenis polimer alami yang dapat diperoleh dengan mengekstraksi tanaman yang dapat digubakan untuk menghasilkan material biodegradable sebab memiliki sifat yang ramah terhadap lingkungan, mudah mengalami degradasi, tersedia dalam jumlah yang besar, serta dapat dididagkan mudah dijumpai di lingkungan sekitar (Aripin et al., 2017). Namun disisi lain, pati juga memiliki berbagai kelemahan diantaranya yaitu memiliki kekuatan yang rendah terhadap perilaku hidrofilik serta sifat mekanis kuat tarik yang lebih rendah yakni hanya sebesar 10,79 MPa jika dibandingkan dengan polimer sintesis sebesar 19,62 MPa (Christianty, 2009). Diperlukan agen pemelastik (plasticizer) didalam proses pembentukan sifat plastik diantaranya termasuk dalam kelompok poliol seperti xylitol dan sorbitol. Pada beberapa penelitian sebelumnya juga menggunakan agen pemelastik gliserol sebab sifatnya yang hidrofilik yang sangat cocok terhadap pati untuk memacu proses pencetakan dan fleksibilitas (Maladi, 2019).

Meningkatkan kekuatan mekanis dan sifat hidrofilik pada pati, dilakukan beberapa langkah salah satunya dengan menambahkan sejumlah pengisi (penguat) yang berasal dari bahan logamdan alami yang biasanya ditambahkan kedalam matriks polimer. Salah satunya yang biasa digunakan yaitu TiO_2 . TiO_2 dianggap aman atau tidak beracun karena ikatannya yang cukup stabil terhadap sinar ultraviolet (Sari, 2013). Beberapa peneliti yang menambahkan TiO_2 pada biopolimer antara lain Goudarzi memvariasikan komposisi TiO_2 sebesar 1 %, 3 % dan 5 % dengan pati pada plastik anti UV. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa semakin TiO_2 meningkat maka penyerapan biopolimer juga akan

meningkat, puncak serapan ditemukan pada panjang gelombang 340 nm. Kuat tarik menurun dari 5,74 MPa dan Modulus Young juga menurun dari 120, 22 MPa menjadi 86,91 Mpa, sedangkan elongasinya bertambah dari 35,84 % menjadi 50, 94 % (Gutiérrez et al., 2017). Berdasarkan pemaparan diatas maka dilakukan penelitian ini dengan pengaruh TiO_2 terhadap plastik biodegradable. Tujuan penelitian untuk mengetahui perbedaan hasil kuat tarik, kuat mulur serta ketebalan pada plastik biodegradable dengan penambahan TiO_2 . Uji tarik merupakan salah satu uji stress-strain mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dalam pengujiannya, bahan yang akan di uji ditarik sampai bahan tersebut putus. Untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan, kita harus melakukan pengujian padanya (Najih, 2019).

METODE PENELITIAN

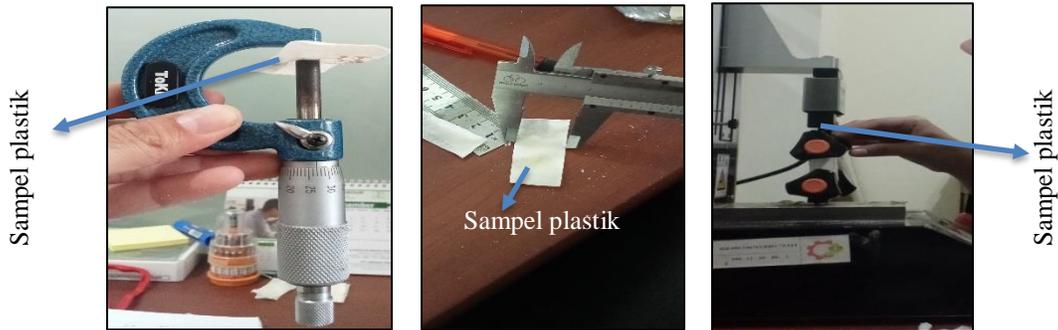
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mistar, mikrometer sekrup, Cutter, *Universal Testing Machine* (UTM). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah plastik biodegradable dengan kandungan TiO_2 . Analisis standar kuat tarik plastik biodegradable dengan penambahan TiO_2 dilakukan di Balai Besar Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Hasil Perkebunan, Mineral Logam, dan Maritim (BBSPJHPMM) Makassar dengan menggunakan tiga tempat laboratorium yaitu Laboratorium Kalibrasi, Laboratorium Mineral dan Laboratorium Kimia. Pengujian kuat tarik bioplastik diuji dengan menggunakan metode ASTM D638-02a-2002 dengan satuan N/mm^2 . ASTM (*American society for Testing of Materials*) mendefinisikan plastik biodegradable sebagai plastik yang bisa mengalami perubahan signifikan dalam struktur kimia pada kondisi lingkungan yang spesifik (Kumar et al., 2011). Pengujian ini dilakukan untuk melihat kualitas plastik biodegradable.



Gambar 1. Alat tipe Force Tester MCT-2150.

Prosedur kerja alat pengujian *biodegradable* Tipe *Force Tester MCT-2150* (gambar 1) adalah menyambungkan perangkat dengan komputer dan sumber daya listrik. Selanjutnya menyalakan alat uji tekstur, kemudian biarkan selama 30 menit. Setelah itu

nyalakan komputer lalu buka perangkat lunak MS Lite. Pasang jig sesuai kebutuhan sampel yang akan di uji. Pengoperasian alat dapat dilakukan melalui panel depan atau komputer. Data operasi dapat disimpan dengan ekstensi CSV. Hubungkan printer melalui RS232 untuk mencetak data.



Gambar 2. Pengujian sampel plastik biodegradable.

Pengujian sampel plastik biodegradable pada gambar 2 dengan cara memotong sampel ukuran panjang 50 mm dan lebar 20 mm, setelah itu diukur ketebelannya dengan menggunakan mikrometer sekrup. Pada setiap sampel terdiri dari data diplo. Dalam uji tarik yakni mengubah alat dengan mode *tensile* dengan cara megklik *Machine Detail* pada aplikasi. Sampel yang telah dipreparasi dijepit pada kedua ujung jig sampai sampel terbentang. Selanjutnya menginput ukuran panjang, lebar, dan tebal sampel pada layar komputer. Kemudian menekan *clear extension* dan *Force ReZERO* hingga menunjukkan angka 0.00. Menekan tombol *start* untuk memulai operasi pada alat. Setelah sampel terputus, klik *stop*. Hasil uji kuat tarik akan muncul pada layar disertai dengan grafik hubungan antara beban tarik dengan pertambahan panjang. Selanjutnya *screen shoot* hasil uji kuat tarik, kemudian mencopy ke *microsoft word* lalu simpan dokumen.

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{B}{A} \quad (1)$$

$$\text{Persen Mulur (Persen Elongasi)} = \frac{(A + B) - A}{A} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Persentasi Relatif} = \frac{\text{Hasil Pengukuran} - \text{Duplikat Pengukuran}}{\text{Rata - Rata Pengukuran}} \times 100\% \quad (3)$$

Pengolahan data yang tersimpan dalam *microsoft excel* menggunakan persamaan (1) dan (2). B adalah beban tarik (N) dan A adalah luas bidang tarik (mm²) untuk analisis kuat

tarik. A adalah panjang awal (mm) dan B adalah berak point elongation atau titik putus pada saat perpanjangan masing-masing sampel plastik biodegradable tersebut. Persentasi relatif diformulasikan menggunakan persamaan (3) dengan metode hasil pengukuran (I) dikurangkan terhadap duplikat pengukuran (II) kemudian dibagi dengan rata-rata pengukuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketebalan plastik biodegradable diperoleh dari pengukuran menggunakan mikrometer sekrup dengan satuan mm. Hasil perolehan pengukuran dapat dilihat pada tabel 1. Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 1 untuk semua sampel menunjukkan ketebalan tertinggi diperoleh sampel I dan II dengan nomor analisis P.282 dan ketebalan terendah diperoleh pada sampel II dengan nomor analisis P.281.

Tabel 1. Hasil pengukuran ketebalan.

Nomor Analisis	Parameter					
	Tebal (mm)		Lebar (mm)		Luas Bidang Tarik (mm ²)	
	I	II	I	II	I	II
P.281	0,20	0,17	20,50	20,90	4,100	3,553
P.282	0,33	0,33	20,10	20,10	6,633	6,633
P.283	0,28	0,30	20,50	18,60	5,740	5,580
P.284	0,20	0,22	20,85	20,60	4,170	4,532
P.285	0,22	0,23	18,10	20,20	3,982	4,646
P.286	0,23	0,23	22,70	22,70	5,221	5,221
P.287	0,21	0,22	22,50	20,30	4,725	4,466

Dalam pengujian kuat tarik bioplastik diuji dengan menggunakan metode uji atau teknik yaitu ASTM D638-02a-2002 dengan satuan N/mm². Pengujian ini dilakukan untuk melihat kualitas plastik *biodegradable*. Berdasarkan hasil pengamatan pada tabel 2 untuk semua sampel menunjukkan bahwa kuat tarik tertinggi diperoleh pada sampel I dengan nomor analisis P.287 dan kuat tarik terendah diperoleh pada sampel I dengan nomor analisis P.281.

Tabel 2. Hasil pengukuran kuat tarik.

Nomor Analisis	Parameter							
	Luas Bidang Tarik (mm ²)		Beban Tarik (N)		Kuat Tarik (N/mm ²)		Rata-Rata (N/mm ²)	Persentasi Relatif Kuat Tarik (%)
	I	II	I	II	I	II		
P.281	4,100	3,553	0,1316	0,1879	0,0321	0,0529	0,0425	48,92

P.282	6,633	6,633	0,3217	6,6330	0,0485	0,0499	0,0492	2,76
P.283	5,740	5,580	0,2965	0,3154	0,0517	0,0565	0,0541	9,00
P.284	4,170	4,532	0,5665	0,7029	0,1359	0,1551	0,1455	13,23
P.285	3,982	4,646	0,6381	0,5916	0,1602	0,1273	0,1438	22,89
P.286	5,221	5,221	0,4504	0,5672	0,0863	0,1086	0,0975	22,96
P.287	4,725	4,466	0,7663	0,7218	0,1622	0,1616	0,1619	0,35

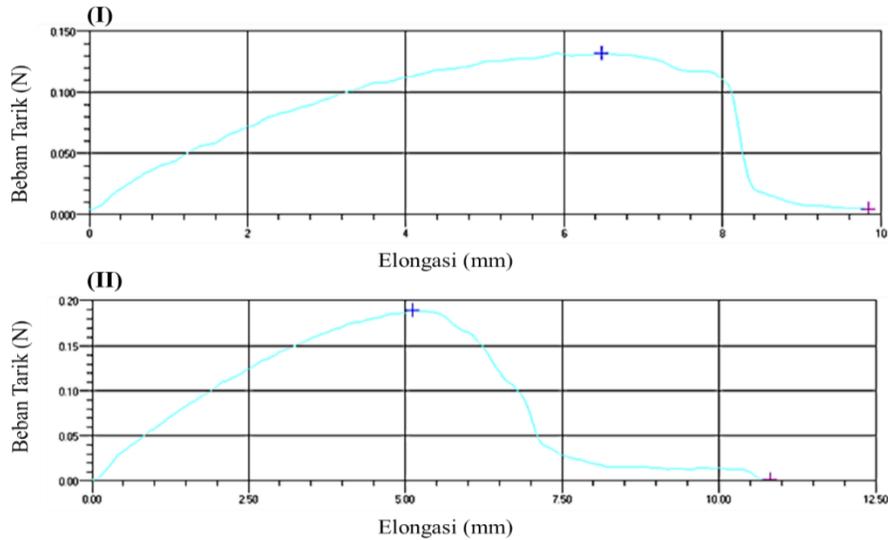
Pengujian kuat mulur plastik *biodegradable* diuji dengan menggunakan metode uji atau teknik yaitu IK-MT-30.71 dengan satuan %. Pengujian ini dilakukan untuk melihat kekuatan plastik *biodegradable*. Berdasarkan hasil pengamatan pada tabel 3 untuk semua sampel menunjukkan bahwa persentase kuat mulur tertinggi diperoleh pada sampel I dengan nomor analisis P.287 dan persentase kuat mulur terendah diperoleh pada sampel I dengan nomor analisis P.282.

Tabel 3. Hasil pengukuran kuat mulur (elongasi) plastik biodegradable.

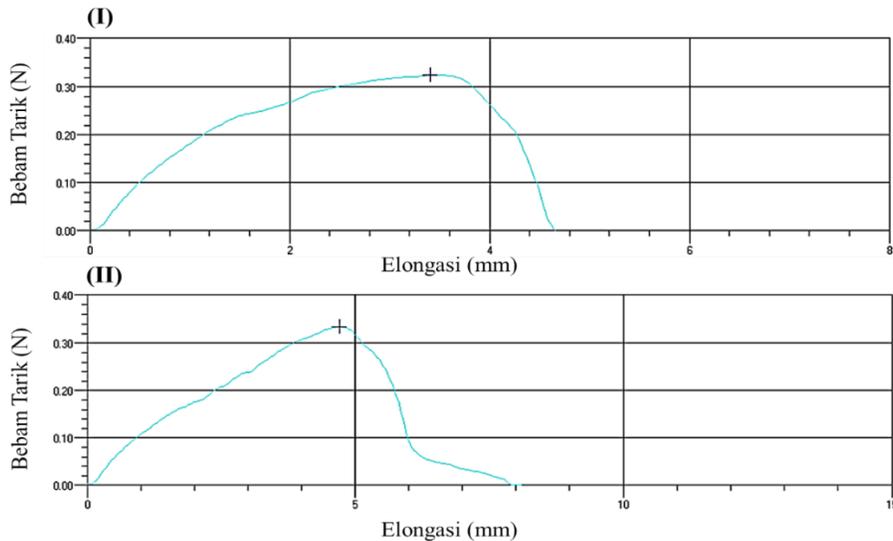
Nomor Analisis	Parameter									
	Ketebalan (mm)		Panjang Awal (mm)		Break Point Elongation (mm)		Persen Elongasi (%)		Rata-Rata (%)	Persentasi Relatif Elongasi (%)
	I	II	I	II	I	II	I	II		
P.281	0,20	0,17	52,95	50,8	6,4749	5,1116	12,23	10,06	11,15	19,46
P.282	0,33	0,33	48,10	43,70	3,4116	4,7016	7,09	10,76	8,93	41,10
P.283	0,28	0,30	48,90	45,25	4,8350	4,3466	9,89	9,61	9,75	2,87
P.284	0,20	0,22	52,45	48,80	6,6316	7,8916	12,64	16,17	14,41	24,50
P.285	0,22	0,23	48,30	46,30	8,2016	6,8506	16,98	14,80	15,89	13,72
P.286	0,23	0,23	44,40	50,30	5,6816	5,5949	12,80	11,12	11,96	14,05
P.287	0,21	0,22	50,35	50,25	13,185	12,518	26,19	24,91	25,55	5,01

Pada pengujian sampel P.281 dengan pengujian sampel diplo diperoleh ketebalan sebesar 0,20 mm dan 0,17 mm dengan besar kuat tarik rata-rata sebesar $0,0425 \text{ N/mm}^2$ serta kuat mulur sebesar 19,46 %. Pada sampel P.282 diperoleh ketebalan sebesar 0,33 mm dan 0,33 mm dengan besar kuat tarik rata-rata sebesar $0,0492 \text{ N/mm}^2$ serta kuat mulur sebesar 41,10 %. Sampel P.283 dengan pengujian sampel diplo diperoleh ketebalan sebesar 0,28 mm dan 0,30 mm dengan besar kuat tarik rata-rata sebesar $0,0541 \text{ N/mm}^2$ serta kuat mulur sebesar 2,87 %. Sampel P.284 dengan pengujian sampel diplo diperoleh ketebalan sebesar 0,20 mm dan 0,22 mm dengan besar kuat tarik rata-rata sebesar 0,1455 serta kuat mulur sebesar 24,50 %. Sampel P.285 diperoleh ketebalan sebesar 0,22 mm dan 0,23 mm dengan besar kuat tarik rata-rata sebesar $0,1438 \text{ N/mm}^2$ serta kuat mulur sebesar 13,72 %. Sampel P.283 dengan pengujian sampel diplo diperoleh ketebalan sebesar 0,23 mm dan

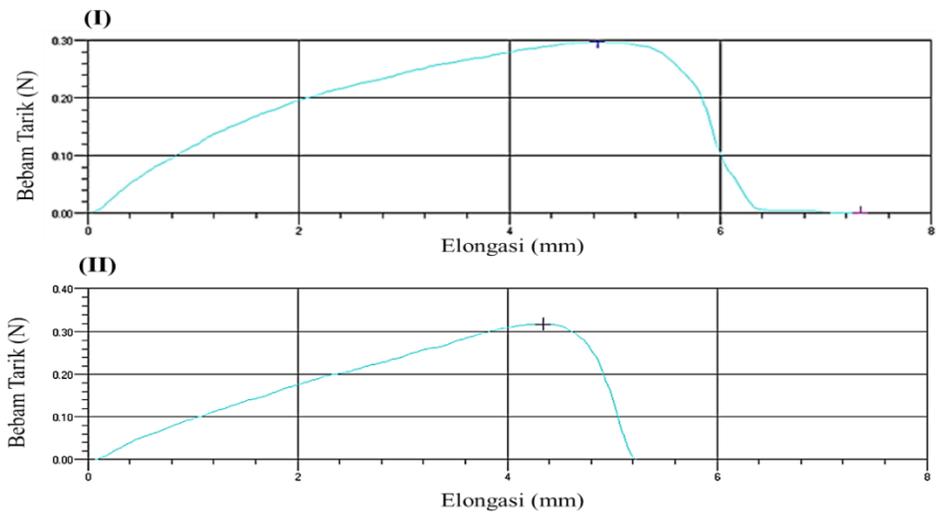
0,23 mm dengan besar kuat tarik rata-rata sebesar $0,0975 \text{ N/mm}^2$ serta kuat mulur sebesar 14,05 %. Sampel P.287 dengan pengujian sampel diplo diperoleh ketebalan sebesar 0,21 mm dan 0,22 mm dengan besar kuat tarik rata-rata sebesar $0,1619 \text{ N/mm}^2$ serta kuat mulur sebesar 5,01 %.



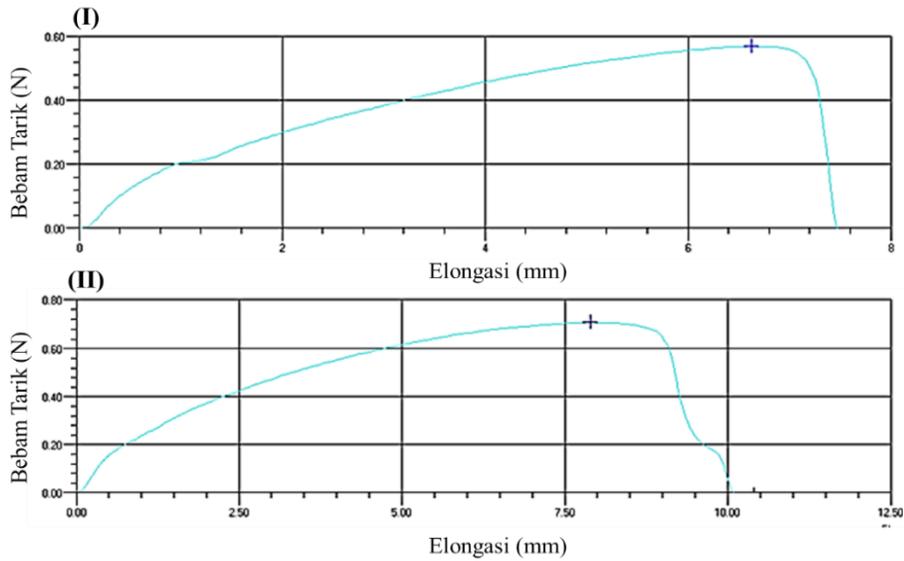
Gambar 3. Grafik beban tarik terhadap elongasi pada sampel (I) dan (II) P.281.



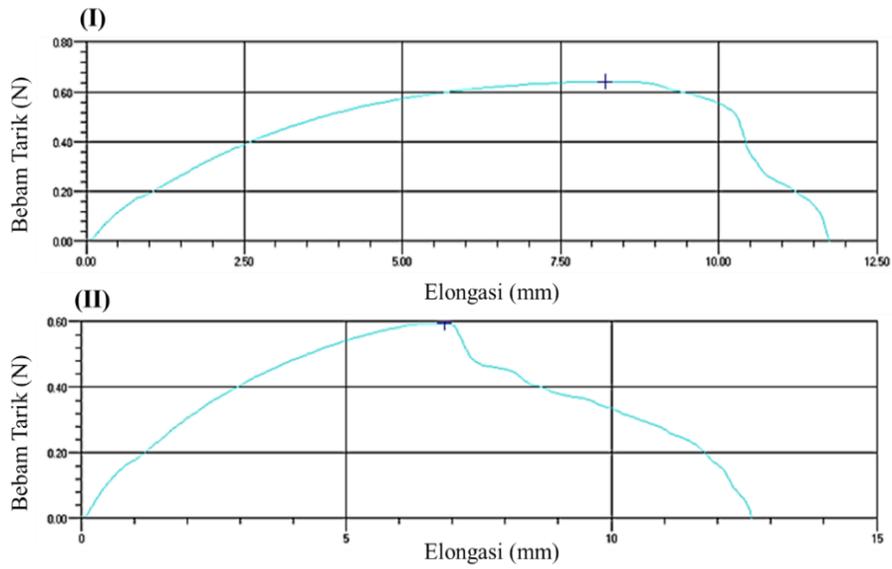
Gambar 4. Grafik beban tarik terhadap elongasi pada sampel (I) dan (II) P.282.



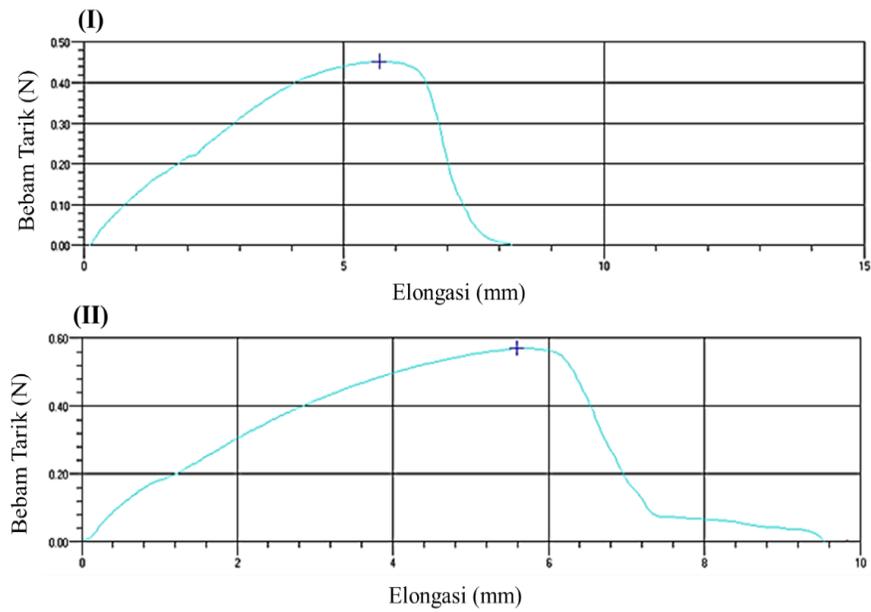
Gambar 5. Grafik beban tarik terhadap elongasi pada sampel (I) dan (II) P.283.



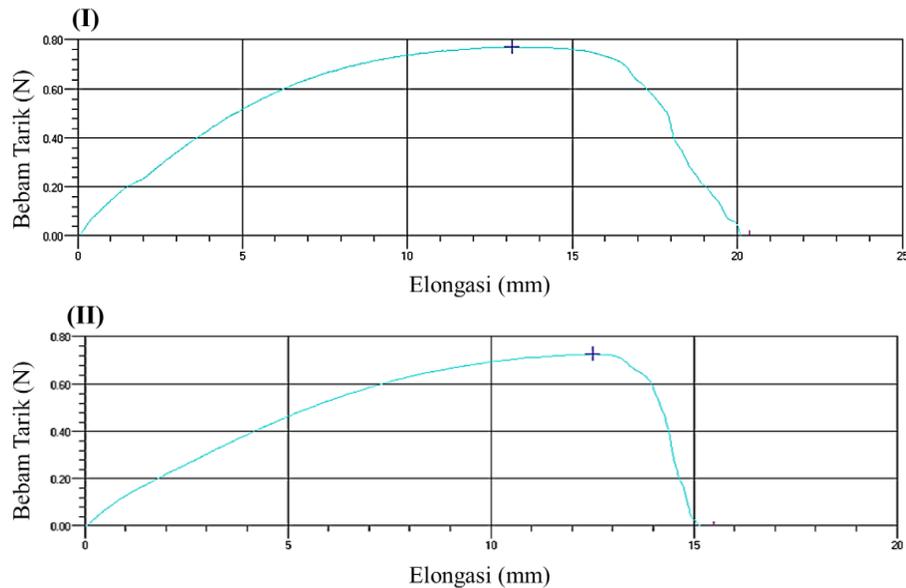
Gambar 6. Grafik beban tarik terhadap elongasi pada sampel (I) dan (II) P.284.



Gambar 7. Grafik beban tarik terhadap elongasi pada sampel (I) dan (II) P.285.



Gambar 7. Grafik beban tarik terhadap elongasi pada sampel (I) dan (II) P.286.



Gambar 8. Grafik beban tarik terhadap elongasi pada sampel (I) dan (II) P.287.

Gambar 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 dapat dilihat untuk data elongasi pada sampel P.281, P.282, P.283, P.284, P.285, P.286 dan P.287 menunjukkan peningkatan dan penurunan pada awal pengujian (I) dan akhir pengujian (II), hal tersebut terjadi dikarenakan penambahan TiO_2 pada konsentrasi yang berbeda. Dalam material komposit terdapat penguat (serat) dan matriks. Daerah antar matriks dan penguat yang terikat satu sama lain untuk perpindahan beban menciptakan kombinasi sifat mekanik yang berbeda dengan sifat dasar penguat dan matriks. Struktur yang terbentuk di daerah ini sangat mempengaruhi kinerja komposit, terutama dalam hal kekuatan (Sudarsono, 2012). Pada sampel (I) lebih tinggi dari sampel (II) atau sebaliknya, dimana tegangan tarik maksimum pada tiap pengukuran memiliki nilai yang berbeda pada tabel 2, hal tersebut dikarenakan nilai konsentrasi TiO_2 pada sampel (II) lebih kecil yang membuat tegangan tariknya menjadi lebih tinggi atau nilai konsentrasi TiO_2 lebih besar. Pengaruh ikatan serat dan resin dalam membentuk ikatannya menyebabkan peningkatan konsentrasi material tambahan tidak selalu berdampak pada kekuatan tarik dan regangan. Gaya tarik yang diterima oleh serat dapat ditahan dan diteruskan ke matriks (Alrosyid, 2023).

Defleksi elastik sampel diukur menggunakan teknik hidrolis, optik, atau elektromekanik untuk menentukan beban yang diperlukan untuk menghasilkan regangan (elongasi) tersebut. Selama proses pengujian, profil tarikan lengkap akan dihasilkan dalam bentuk kurva yang ditunjukkan pada gambar 3, 4, 5, 6, 7, dan 8. Kurva-kurva ini menunjukkan korelasi antara gaya tarikan dan perubahan panjang untuk masing-masing

nomor pengukuran. Prinsip gelatinisasi mengurangi air yang terserap dan pembengkakan dalam pembuatan bioplastik berbasis pati. Semakin tinggi suhu pemanasan, semakin tinggi kekentalan suspensi pati. Suhu gelatinisasi adalah suhu yang terjadi saat granula pati pecah. Setelah gelatinisasi, ikatan amilosa menjadi lebih cenderung saling berdekatan karena ikatan hidrogen. Setelah gelatinisasi, larutan gelatin dicetak pada tempat pencetakan dan dikeringkan selama satu hari. Selama proses pengeringan, air lepas, menyebabkan gelatin menyusut, menghasilkan bioplastik yang stabil (Aripin, 2022).

SIMPULAN

Sampel menunjukkan ketebalan tertinggi diperoleh pada sampel dengan nomor analisis P.282 dan ketebalan terendah diperoleh pada sampel P.281, kuat tarik tertinggi diperoleh pada sampel dengan nomor analisis P.287 dan kuat tarik terendah diperoleh pada sampel P.281 serta semua sampel menunjukkan kuat mulur (elongasi) tertinggi diperoleh pada sampel dengan nomor analisis P.282 dan kuat mulur (elongasi) terendah diperoleh pada sampel P.283. Nilai rata-rata kuat tarik dan persen mulur (elongasi) dipengaruhi oleh konsentrasi penambahan TiO_2 pada plastik *biodegradable*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alrosyid, A. **2023**. Analisa Kekuatan Tarik dan Bending Komposit Resin Polyester Yang Diperkuat Serat Rami Tenun dengan Orientasi Arah Sudut 0° dan 45° Sebagai Alternatif Bumper Mobil. *Skripsi*. Banten: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. 1-59.
- Amiruddin, A. **2020**. Utilization of White Teak Sawdust Waste (*Gmelina arborea Roxb.*) As Biodegradable Plastic. *Tesis*. Universitas Hasanuddin. 1-60.
- Aripin, S., Saing, B., & Kustiyah, E. **2017**. Studi Pembuatan Bahan Alternatif Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar Dengan Plasticizer Gliserol dengan Metode Melt Intercalation. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 18. <https://doi.org/10.22441/jtm.v6i2.1185>
- Christianty, M., A. **2009**. Produksi Biodegradable Plastic Melalui Pencampuran Pati Sagu Termoplastis Dan Compatibilized Linear Low Density Polyethylene. *Tesis*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.1-76.
- Gutiérrez, T. J., Seligra, P. G., Jaramillo, C. M., Jaramillo, C. M., Famá, L., & Goyanes, S. **2017**. Effect of Filler Properties on the Antioxidant Response of Thermoplastic Starch Composites. In V. K. Thakur, M. K. Thakur, & M. R. Kessler (Eds.), *Handbook of Composites from Renewable Materials* (1st ed., pp. 337–369). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119441632.ch14>.
- Maladi, I. **2019**. Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Singkong (*Manihot utilissima*) dengan Penguat Selulosa Jerami Padi, Polivinil Alkohol dan Bio-

- Compatible Zink Oksida. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. 1-82.
- Kumar, A. A., Karthick, K., & Arumugam, K. P. **2011**. Biodegradable Polymers and Its Applications. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, 173–176. <https://doi.org/10.7763/IJBBB.2011.V1.32>.
- Najih, I. **2019**. Sintesis Plastik Biodegradable Berbahan Kitosan, Arang Manggis Dan Minyak Sereh. *Skripsi*. Semarang: Universitas Islam Negeri Walisongo. 1-56.
- Safiah, S. **2023**. Plastik Biodegradable Bahan Dasar Pati Singkong (Manihot esculenta) dengan Campuran Selulosa. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 4(1), 113–118. <https://doi.org/10.55616/jitu.v4i1.521>.
- Sari, L. **2013**. Pengaruh Nanopartikel Titanium Dioksida Pada Resin Sebagai Material Transparan Anti UV dan Self Cleaning. *Jurnal Fisika Unand*, 2(1).
- Sudarsono, S. **2012**. Kajian Sifat Mekanik Material Komposit Propeler Kincir Angin Standard Naca 4415 Modifikasi. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III*. A379-A387.
- Arifin, U., F. **2022**. Pengaruh Tingkat Keasaman Gelatinisasi Pada Sintesis Bioplastik Dari Pati Ketan Berpenguat Serbuk Daun Bambu. *Berkala Penelitian Teknologi Kulit, Sepatu, dan Produk Kulit*, 21(2), 257–267. <https://doi.org/10.58533/bptkspk.v21i2.179>.
- Utilization of White Teak Sawdust Waste (*Gmelina ArboreaRoxb.*) As Biodegradable Plastic. **2020**. *Advances in Environmental Biology*. <https://doi.org/10.22587/aeb.2020.14.3.2>.