

**CHARACTERISTICS OF TRAY PACKAGING BASED ON THERMOPLASTIC STRACH,
THERMOPLASTIC GLUKOMANNAN AND POLYLACTIC ACID IN VARIATION OF
MOLDING TEMPERATURE AND TIME**

**KARAKTERISTIK KEMASAN NAMPAN BERBASIS PATI TERMOPLASTIS,
GLUKOMANAN TERMOPLASTIS DAN POLIASAM LAKTAT DALAM VARIASI
SUHU DAN WAKTU PENCETAKAN**

**Ilhan Maulana Aimar¹, Bambang Admadi Harsujuwono^{1*}, Nyoman Semadi Antara¹, Amna
Hartianti¹, Sri Suhartini²**

¹Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus
Bukit Jimbaran, Badung, Indonesia

²Departmen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang,
Indonesia

Diterima 25 November 2024 / Disetujui 23 Januari 2025

ABSTRACT

Biothermoplastic composites are mixtures of two or more polymers from biological materials with other materials that can melt when heated and harden again when cooled. The formation of packaging trays from biothermoplastic composites is greatly influenced by many factors including temperature and molding time. In this study the experimented composites of thermoplastic were composed by poli lactic, thermoplastic starch, and thermoplastic glucomannan. This study aimed to determine the effect of molding temperature and time on the characteristics of tray packaging from the composites, and to determine the appropriate molding temperature and time to produce the best characteristics of the tray packaging. The experiment was designed by Completely Randomized Design (CRD) with 9 treatment combinations of temperature and time, namely (130°C, 30 seconds), (130°C, 45 seconds), (130°C, 60 seconds), (145°C, 30 seconds), (145°C, 45 seconds), (145°C, 60 seconds), (160°C, 30 seconds), (160°C, 45 seconds) and (160°C, 60 seconds). Each experimental unit was carried out in two replications. The variables observed in this study were tensile strength, elongation at break, elasticity, thickness development, density, biodegradation time and leakage test. Data were analyzed using analysis of variance and further tested using the Honest Real Difference (BNJ) test. The results showed that the temperature and molding time significantly affected the tensile strength, elongation at break, elasticity, swelling, density, biodegradation time and leakage test of the biothermoplastic composite tray packaging. The best tray packaging was obtained at molding with a temperature of 160 °C and a time of 45 seconds with a tensile strength value of 42.20 MPa, elongation at break value of 0.70%, modulus young 6,12 GPa, swelling of 0,47%, density of 1,31 g/cm³, biodegradation time of 24.00 days and leakage test of all packaging trays did not leak. However, modulus young, elongation at break and density have not met the national or international standard.

Keywords: Biothermoplastics, molding temperature and time, thermoplastic starch, thermoplastic glucomannan, poli lactic

ABSTRAK

Komposit biotermoplastik adalah campuran dari dua atau lebih polimer yang berasal dari bahan biologis dengan bahan lain yang dapat meleleh ketika dipanaskan dan mengeras kembali saat didinginkan.

* Korespondensi Penulis :

Email : bambang.admadi@unud.ac.id

Pembentukan kemasan nampan dari komposit biotermoplastik sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk suhu dan waktu pencetakan. Dalam penelitian ini, komposit termoplastik yang diuji terdiri dari poli asam laktat, pati termoplastik, dan glukomanan termoplastik. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh suhu dan waktu pencetakan terhadap karakteristik baki kemasan dari komposit tersebut, serta untuk menentukan suhu dan waktu pencetakan yang tepat untuk menghasilkan karakteristik terbaik dari baki kemasan. Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 9 kombinasi perlakuan suhu dan waktu, yaitu (130°C, 30 detik), (130°C, 45 detik), (130°C, 60 detik), (145°C, 30 detik), (145°C, 45 detik), (145°C, 60 detik), (160°C, 30 detik), (160°C, 45 detik), dan (160°C, 60 detik). Setiap unit percobaan dilakukan dalam dua ulangan. Variabel yang diamati meliputi kuat tarik, perpanjangan saat putus, elastisitas, pengembangan tebal, densitas, waktu biodegradasi, dan uji kebocoran. Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dan diuji lebih lanjut dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dan waktu pencetakan berpengaruh nyata terhadap kekuatan tarik, perpanjangan saat putus, elastisitas, pembengkakan, densitas, waktu biodegradasi, dan uji kebocoran kemasan nampan komposit biotermoplastik. Kemasan nampan terbaik diperoleh pada pencetakan dengan suhu 160°C dan waktu 45 detik dengan nilai kekuatan tarik 42,20 MPa, nilai perpanjangan saat putus 0,70%, modulus Young 6,12 GPa, pembengkakan 0,47%, densitas 1,31 g/cm³, waktu biodegradasi 24,00 hari, dan uji kebocoran menunjukkan bahwa semua kemasan nampan tidak bocor. Namun, nilai elastisitas, perpanjangan saat putus, dan densitas belum memenuhi standar nasional maupun internasional.

Kata Kunci: Biotermoplastik, suhu dan waktu pencetakan, pati termoplastis, glukomanan termoplastis, poliasam laktat

PENDAHULUAN

Plastik merupakan salah satu produk polimer sintetik yang banyak digunakan karena memiliki keunggulan seperti fleksibel, ringan, tahan lama dan tidak mudah pecah (Hartatik *et al.*, 2014). Adanya keunggulan tersebut menjadikan plastik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari seperti, peralatan rumah tangga, kemasan, dan lain-lain. Selain keunggulan tersebut, plastik juga memiliki dampak buruk bagi lingkungan yaitu sebagai pencemar lingkungan karena plastik yang terbuat dari minyak bumi sulit diurai oleh mikroba (Harsojuwono *et al.*, 2022; Saputra dan Saprio, 2020). Sampah plastik yang terbuang ke laut pada tahun 2022 mencapai 408.885 ton yang berasal dari aktivitas pembuangan sampah plastik di daratan (Syafaruddin, 2023). Untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat sampah plastik, perlu dikembangkan plastic biodegradable yaitu plastik yang mudah terurai oleh mikroorganisme (Albar *et al.*, 2021). Salah satu plastik biodegradable yaitu komposit biotermoplastik. Komposit biotermoplastik merupakan campuran dua atau lebih polimer dari bahan biologis dengan bahan lain yang dapat meleleh ketika dipanaskan dan mengeras kembali ketika didinginkan (Harsojuwono *et al.*, 2023).

Jeziorska *et al.* (2018) menunjukkan blending pati termoplastis (TPS) dan poliasam laktat (PLA) menggunakan *filler* 5% nanosilica, pemlastis 3% polydimethylsiloxanol dan compatibilizer 10% asam maleat anhidrat menghasilkan suhu transisi gelas 61,5°C dan suhu pencetakan 153°C. Tartara (2017) dan Morales *et al.* (2017) menunjukkan bahwa biokomposit PLA dapat dijadikan kemasan dalam bentuk dua dimensi maupun tiga dimensi menggunakan metode *hot press* pada suhu pencetakan 165°C dengan waktu pencetakan 8 menit. Sementara itu Ruz-Cruz *et al.* (2022), menjelaskan bahwa suhu yang digunakan terlalu rendah dan waktu yang terlalu singkat maka komposit biotermoplastik tidak bisa meleleh dan tidak terbentuk sesuai cetakan yang digunakan. Sedangkan suhu yang digunakan terlalu tinggi dan waktu yang terlalu lama menyebabkan efisiensi pencetakan akan berkurang karena membutuhkan waktu pendinginan yang cukup lama. Hasil penelitian Mohareb dan Mittal (2007) menghasilkan suhu dan waktu yang terbaik untuk membuat

kemasan nampun berbahan dasar kedelai dengan tambahan gliserol dan karagenan yaitu suhu 60°C dan waktu 60 detik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu pencetakan terhadap karakteristik kemasan nampun berbasis pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poliasam laktat (TPS/TPG/PLA) serta menentukan suhu dan waktu pencetakan yang menghasilkan karakteristik terbaik dari kemasan nampun berbasis TPS/TPG/PLA.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tapioca, glukomanan, poliasam laktat, asam maleat anhidrat, gliserol, aquades, *clay*. Perlatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu oven, mixer, pengaduk, gelas beker, gelas ukur, alat kempa, alat cetak nampun, cetakan nampun, timbangan analitik, *hot plate*, teflon, saringan.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 2 kali sehingga akan diperoleh 18 unit percobaan. Adapun perlakuan kombinasinya sebagai berikut :

S1W1 : Suhu 130°C, Waktu 30 detik

S1W2 : Suhu 130°C, Waktu 45 detik

S1W3 : Suhu 130°C, Waktu 60 detik

S2W1 : Suhu 145°C, Waktu 30 detik

S2W2 : Suhu 145°C, Waktu 45 detik

S2W3 : Suhu 145°C, Waktu 60 detik

S3W1 : Suhu 160°C, Waktu 30 detik

S3W2 : Suhu 160°C, Waktu 45 detik

S3W3 : Suhu 160°C, Waktu 60 detik

Pelaksanaan Percobaan

Penelitian ini dilakukan dalam 3 tahap proses produksi yaitu pembuatan pati termoplastis, glukomanan termoplastis serta pembuatan kemasan nampun dari komposit biotermoplastis yang mengacu pada hasil penelitian (Waryat *et al.*, 2013) dengan modifikasi. Untuk pembuatan pati termoplastis awalnya dengan cara menimbang tepung tapioka seberat 2kg lalu di campur dengan 500g pmlastis gliserol dan 300g aquades. Setelah itu, bahan yang sudah tercampur diaduk sampai merata dengan menggunakan mixer dengan kecepatan 240 rpm selama 10 menit. Setelah bahan sudah tercampur rata, bahan lalu diperam (aging) selama 8 hari. Untuk cara pembuatan glukomanan termoplastis itu sama dengan cara pembuatan pati termoplastis, hanya saja ukuran timbangannya yang berbeda yaitu 500g glukomanan, 125g gliserol dan 75g aquades. Selanjutnya, pati termoplastis, glukomanan termoplastis, poliasam laktat, asam maleat anhidrat, *clay* ditimbang sesuai dengan komposisi seperti pada Tabel 1. Setelah penimbangan, semua bahan berbentuk tepung dicampur hingga rata lalu dipanaskan pada suhu 110°C dan diaduk hingga meleleh dan tercampur rata. Lalu campuran dipindahkan ke alat kempa dengan suhu 80°C hingga membentuk lembaran. Setelah itu dicetak menggunakan alat cetak nampun pada suhu dan waktu yang sesuai dengan perlakuan. Setelah selesai perlakuan maka kemasan nampun dibiarkan selama 1 jam, setelah dingin kemasan nampun yang terbentuk siap diuji karakteristiknya.

Tabel 1. Komposisi komposit biotermoplastik (TPS/TPG/PLA).

Pati Teromplastis (g)	Glukomanan Termoplastis (g)	Poliasam Laktat (g)	AsamMaleat Anhidrat (g)	Clay (g)	Total (g)
37,5	12,5	50	10	10	120

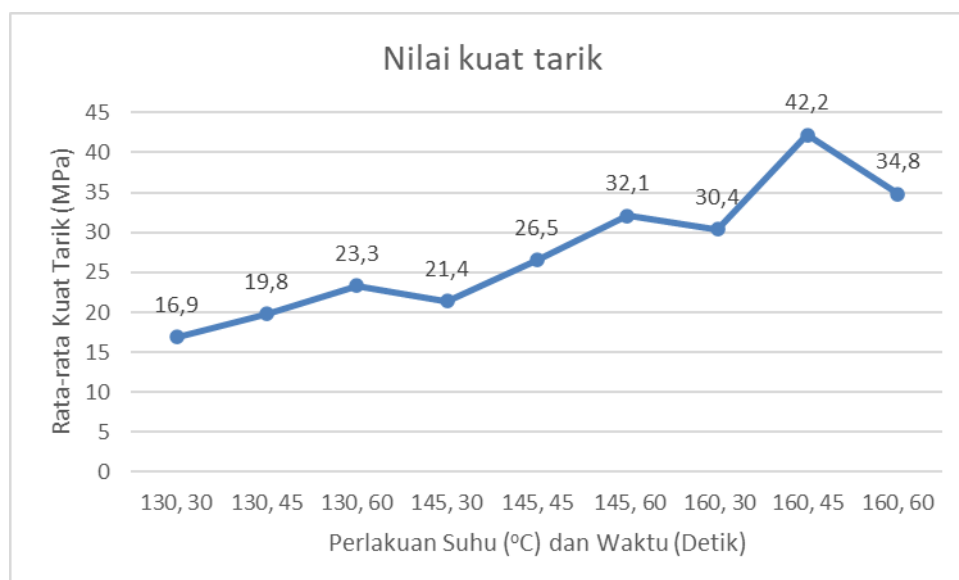
Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati yaitu kuat tarik/*tensile strength* (SNI 7818;2014), elastisitas/*modulus young* (ASTM D638) (SNI 7818:2014), perpanjangan saat putus/*elongation at break* (SNI 7818:2014), pengembangan tebal/*swelling* (SNI 7188.7 : 2016) (JIS Z 1707), densitas/*density* (ASTM D792-91), waktu biodegradasi/*degradation time* (ASTM D638) dan uji kebocoran (EN 317). Data yang didapatkan lalu dianalisis keragaman (ANOVA), kemudian dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Bujur (BNJ) dengan menggunakan *software* Minitab. Penentuan perlakuan terbaik dilihat dari karakteristik kemasan nampan berbasis TPS/TPG/PLA yang paling banyak memenuhi Standar Nasional Indonesia maupun Standar Internasional yang telah ditetapkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu dan waktu pencetakan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kuat tarik kemasan nampan komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA. Nilai kuat tarik kemasan nampan komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA berkisar antara 16,9 – 42,2 MPa, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kuat Tarik (MPa) Kemasan Nampan Berbasis TPS/TPG/PLA

Berdasarkan data yang terdapat pada Gambar 1 diketahui bahwa nilai kuat tarik terendah diperoleh pada perlakuan konsentrasi suhu 130°C dan waktu 30 detik dengan nilai kuat tarik sebesar 16,67 MPa,

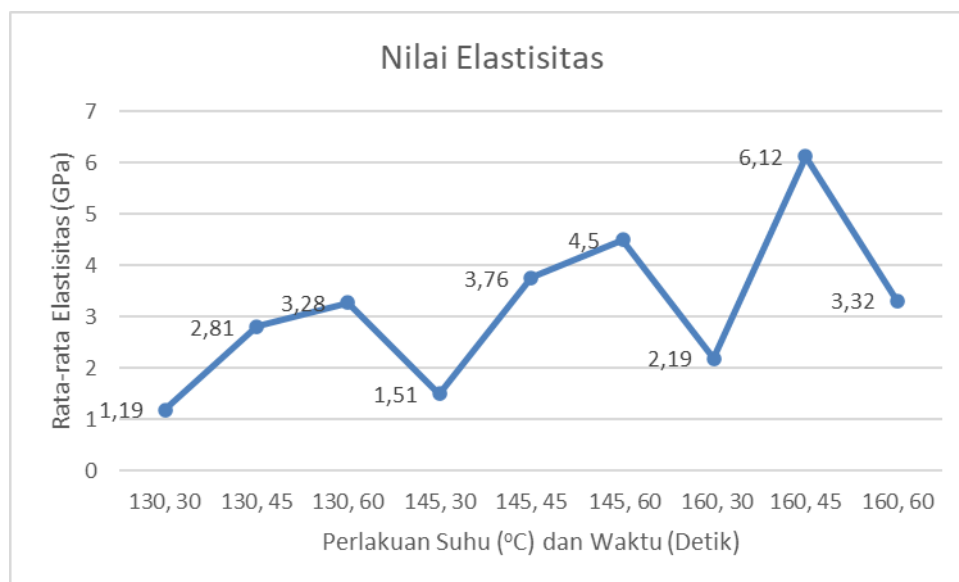
yang tidak berbeda nyata dengan suhu cetak 130°C dengan waktu 45 detik dan 145°C dengan waktu 30 detik. Sedangkan nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada perlakuan suhu 160°C dan waktu 45 detik dengan nilai kuat tarik sebesar 42,2 MPa yang berbeda dengan lainnya. Uji kuat tarik (*tensile strength*) adalah ukuran kekuatan (tarikan) maksimum yang bisa ditahan suatu benda ketika diregangkan atau ditarik sebelum film tersebut putus atau sobek. Semakin tinggi gaya yang diproduksi maka kekuatan tariknya akan semakin besar.

Gambar 1 menunjukkan bahwa peningkatan nilai kuat tarik di pengaruhi oleh suhu dan waktu dalam proses pencetakan. Menurut Wahyudi (2015) bahan biotermoplastik (*thermoplastic*) adalah polimer yang akan melunak bila dipanaskan dan setelah didinginkan akan dapat mengeras dan menjadi rapuh. Hal ini sesuai dengan pernyataan Jambak (2023), semakin tinggi suhu yang digunakan dan semakin lama waktu dalam proses pencetakan menyebabkan biotermoplastik mudah rapuh dan kekuatan tariknya bertambah sangat cepat. Selain suhu dan waktu pencetakan penambahan pati termoplastis dan glukomanan termoplastis juga mempengaruhi nilai kuat tarik hal ini di dukung oleh pernyataan Rahmayetty *et al.* (2018) dimana dengan penambahan pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poli asam laktat dalam proses pembuatan biotermoplastik dapat meningkatkan nilai kuat tarik.

Berdasarkan SNI 7818:2014, nilai kuat tarik minimum yang harus dimiliki oleh termoplastik adalah 13,7 MPa pada penelitian ini rentang nilai kuat tarik adalah 16-67 - 44,44 MPa, sehingga dapat disimpulkan bahwa semua hasil uji tersebut telah memenuhi standar SNI 7818:2014..

Elastisitas (*Young Modulus*)

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu dan waktu pencetakan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap elastisitas kemasan nampan komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA. Nilai elastisitas kemasan nampan komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA berkisar antara 1,19 – 6,12 MPa, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Elastisitas (GPa) Kemasan Nampan Berbasis TPS/TPG/PLA

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 3 diketahui bahwa nilai elastisitas terendah diperoleh pada perlakuan konsentrasi suhu 130°C dan waktu 30 detik dengan nilai elastisitas sebesar 1,19 GPa, yang tidak berbeda nyata dengan nilai elastisitas pada suhu cetak 145°C dengan waktu 30 detik. Sedangkan nilai elastisitas tertinggi diperoleh pada perlakuan suhu 160°C dan waktu 45 detik dengan

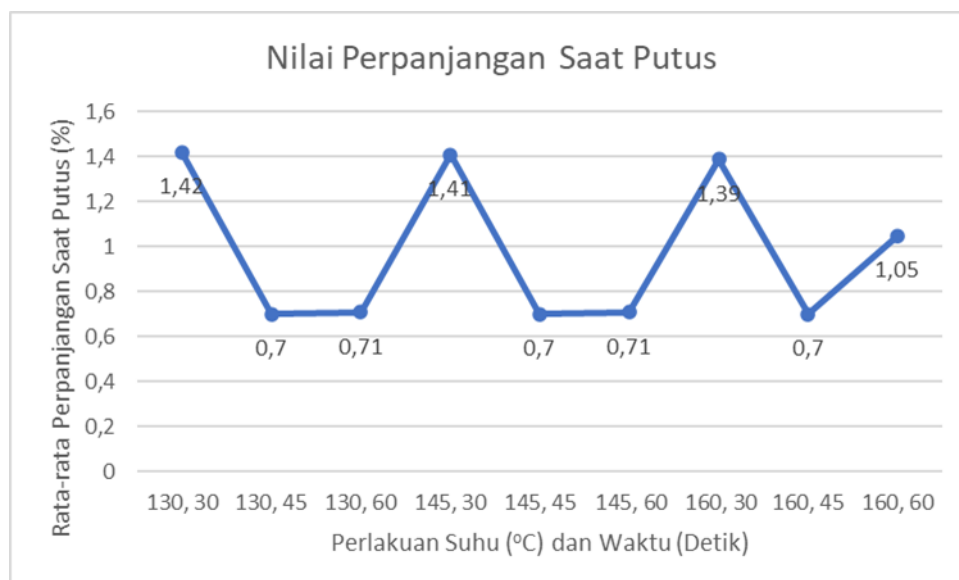
nilai elastisitas sebesar 6,12 GPa yang berbeda dengan lainnya. Uji elastisitas (*modulus young*) merupakan uji kekakuan suatu bahan. Modulus elastisitas bahan sebanding dengan nilai elongasi, elongasi bahan merupakan ukuran kemampuan bahan untuk meregang saat ditarik dan menentukan keelastisan suatu material. Semakin tinggi nilai elongasi maka biotermoplastik TPS/TPG/PLA tersebut semakin elastis sehingga bahan tersebut memiliki nilai mulur yang besar. Semakin rendah nilai modulus elastisitas (semakin tinggi modulus young) maka bahan akan semakin kaku dan tidak mudah berubah bentuk (Epriyanti *et al.*, 2016).

Gambar 2 menunjukkan bahwa peningkatan nilai elastisitas di pengaruhi oleh suhu dan waktu dalam proses pencetakan. Hal ini didukung dengan pernyataan Purwanti (2010) semakin tinggi suhu dan lama pencetakan maka kekakuan bahan akan meningkat karena biotermoplastik semakin padat dan tingkat elastisitas bahan tersebut akan semakin menurun. Hal ini sesuai dengan pernyataan Jambak (2023) semakin tinggi suhu yang digunakan dan semakin lama waktu dalam proses pencetakan menyebabkan reaksi polimerisasi dari biotermoplastik semakin besar sehingga ikatannya semakin kuat yang menyebabkan nilai elastisitas kecil.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 7818:2014), nilai elastisitas komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA adalah 40 MPa-1120 MPa. Berdasarkan penelitian ini, nilai elastisitas komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA tertinggi diperoleh pada sampel dengan suhu 160°C dan waktu 45 detik yaitu sebesar 6,12 GPa yang menandakan komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA belum memenuhi (SNI 7818:2014).

Perpanjangan Saat Putus (*Elongation at Break*)

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu dan waktu pencetakan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap perpanjangan saat putus kemasan nampam komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA. Nilai perpanjangan saat putus kemasan nampam komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA berkisar antara 0,70 – 1,42 %, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perpanjangan Saat Putus (%) Kemasan Nampam Berbasis TPS/TPG/PLA

Perpanjangan saat putus (*elongation at break*) adalah besarnya pertambahan panjang yang disebabkan oleh tarikan beban pada saat putus (Nuriyah *et al.*, 2018). Berdasarkan data yang terdapat pada Gambar 3 diketahui bahwa nilai perpanjangan saat putus (*elongation at break*) yang rendah

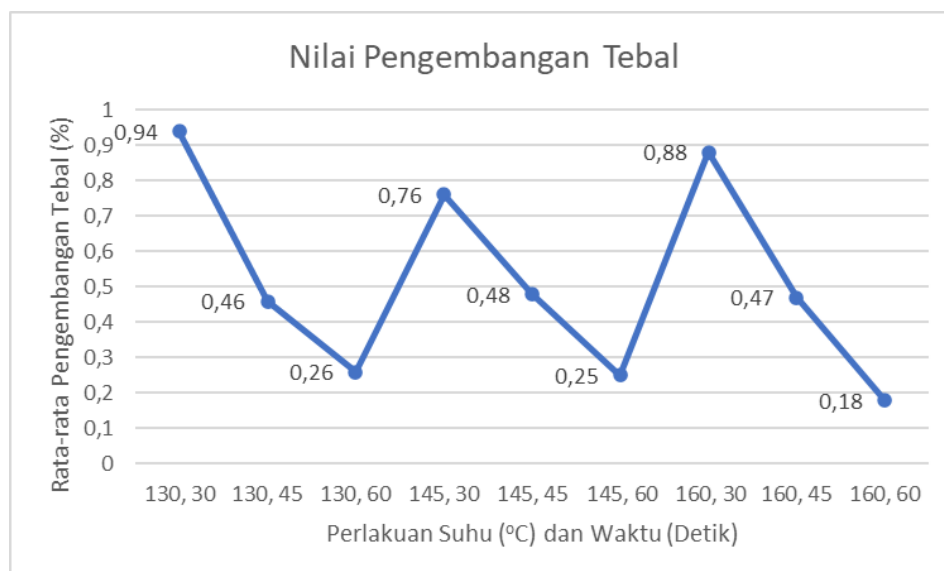
diperoleh pada perlakuan konsentrasi suhu 130, 145, 160°C dan waktu 45 detik serta 130 dan 145°C dengan waktu 60 detik dengan nilai *elongation at break* berkisar 0,69 - 0,71% yang berbeda nyata dengan lainnya. Sedangkan nilai *elongation at break* yang tinggi diperoleh pada perlakuan konsentrasi suhu 130, 145, 160°C dan waktu 30 detik dengan *elongation at break* sebesar 1,32 - 142% yang berbeda nyata dengan lainnya.

Peningkatan nilai perpanjangan di pengaruhi oleh suhu dan waktu pada proses pencetakan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Utomo (2013) suhu yang semakin tinggi menyebabkan partikel komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA banyak mengalami perubahan fisika menjadikan komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA semakin homogen dan strukturnya rapat, dengan karakteristik tersebut tentunya kuat tarik semakin besar dan persentase elongasinya juga semakin rendah. Hal ini didukung oleh pernyataan Epriyanti *et al.* (2016) semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu pencetakan menyebabkan peningkatan nilai kuat tarik akibat reaksi antar bahan semakin kuat. Peningkatan kuat tarik menyebabkan peningkatan kekakuan, dan menurunkan perpanjangan saat putus (Purwanti, 2010).

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 7818:2014), nilai pemanjangan komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA adalah 21%-220%. Berdasarkan penelitian ini, nilai pemanjangan komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA tertinggi diperoleh pada sampel S1W1 sebesar 1,42%. Sedangkan nilai pemanjangan komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA terendah diperoleh pada sampel S3W2 dengan *elongation at break* sebesar 0,69% yang menandakan komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA belum memenuhi (SNI 7818:2014).

Pengembangan Tebal (Swelling)

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu dan waktu pencetakan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap pengembangan tebal kemasan nampun komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA. Nilai pengembangan tebal kemasan nampun komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA berkisar antara 0,18 – 0,94 %, seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengembangan Tebal (%) Kemasan Nampun Berbasis TPS/TPG/PLA

Uji pengembangan tebal (*swelling*) dilakukan untuk mengetahui terjadinya ikatan dalam polimer serta tingkatan atau keteraturan ikatan dalam polimer yang ditentukan melalui persentase

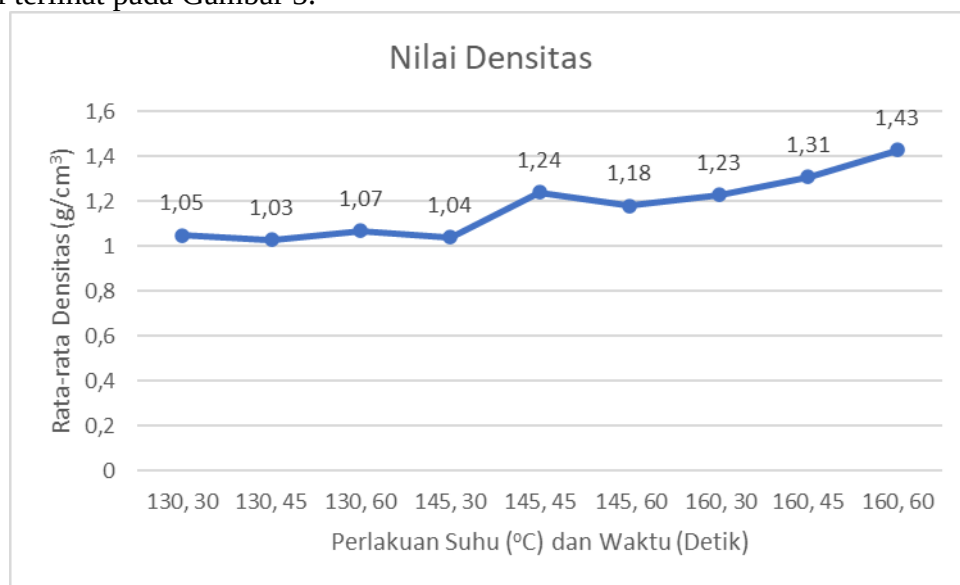
penambahan berat polimer setelah mengalami pengembangan. Berdasarkan data yang terdapat pada Gambar 4 diketahui bahwa nilai pengembangan tebal yang rendah diperoleh pada perlakuan konsentrasi suhu 130, 145 dan 160°C dengan waktu 60 detik dengan nilai pengembangan tebal berkisar 0,18 – 0,26%, yang tidak berbeda nyata dengan pengembangan tebal pada perlakuan suhu 130, 145, 160°C dengan waktu 45 detik. Sedangkan nilai pengembangan tebal tertinggi diperoleh pada perlakuan suhu 130°C dan waktu 30 detik (S1W1) dengan nilai sebesar 0,94%, yang tidak berbeda nyata dengan pengembangan tebal pada perlakuan suhu 145 dan 160°C dengan waktu 30 detik.

Penurunan nilai pengembangan tebal disebabkan kerapatan yang bahan yang meningkatkan akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung bersamaan pada suhu dan waktu yang lebih tinggi sehingga menyebabkan penurunan pori-pori antar partikel. Selain itu keberadaan bahan yang termoplastis dan bersifat hidrofob seperti PLA pada suhu yang tinggi menyebabkan terjadi pelelehan yang menutupi pori-pori antar partikel (Sukanto, 2009). Hal ini serupa dengan pernyataan pada riset Saputro *et al.* (2017), yang menjelaskan peningkatan jumlah bahan hidrofobik akan mengurangi nilai *swelling*..

Menurut standar SNI 7188.7 : 2016 nilai maksimal untuk *swelling* biotermoplastik adalah 99% dan menurut JIS Z 1707 nilai *swelling* biotermoplastik adalah 70%. Berdasarkan penelitian ini, seluruh sampel memiliki nilai *swelling* dibawah 99% dan 70 % yang menandakan bahwa biotermoplastik TPS/TPG/PLA sudah memenuhi standar SNI 7188.7 : 2016 dan JIS Z 1707.

Densitas (*Density*)

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu dan waktu berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap densitas kemasan nampam komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA. Nilai densitas kemasan nampam komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA berkisar antara 1,03 – 1,43 g/cm³, seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Densitas (g/cm³) Kemasan Nampam Berbasis TPS/TPG/PLA

Berdasarkan data yang terdapat pada Gambar 5 diketahui bahwa nilai densitas yang rendah diperoleh pada perlakuan suhu 130°C dengan waktu 30, 45, 60 detik dan juga perlakuan 145°C dengan waktu 30 detik yang nilai densitas berkisar 1,03- 1,07 g/cm³, yang tidak berbeda nyata dengan densitas pada perlakuan suhu 145°C dengan waktu 45, 60 detik dan suhu 160°C, dengan waktu 30,

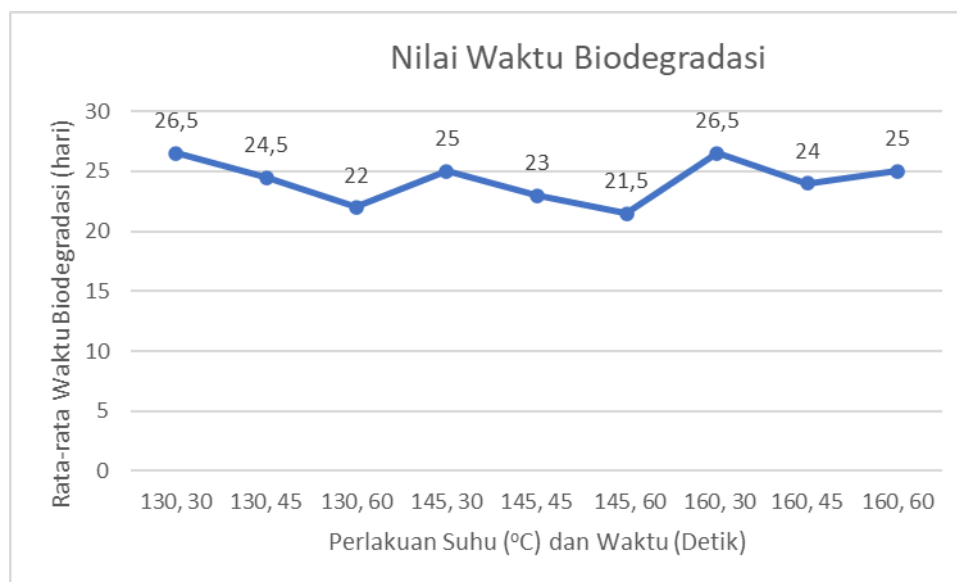
45 detik. Sedangkan nilai densitas tertinggi diperoleh pada perlakuan konsentrasi suhu 160°C dan waktu 60 detik (S3W3) dengan nilai densitas sebesar 1,43 g/cm³, yang tidak berbeda nyata dengan densitas pada perlakuan suhu 145°C dengan waktu 45, 60 detik dan suhu 160°C, dengan waktu 30, 45 detik.

Peningkatan densitas di setiap kenaikan suhu dikarenakan semakin tinggi suhu maka jumlah pori dari biotermoplastik akan semakin berkurang. Menurut Sukanto (2009) pada suhu rendah viskositas biotermoplastik juga masih rendah, karena sebagian besar partikel biotermoplastik belum mengalami pelelehan, namun setelah terjadi peningkatan suhu maka pelelehan mulai terjadi yang menyebabkan peningkatan viskositas. Hal ini menyebabkan meningkatnya kemampuan material termoplastik untuk mengalir (*flowability*) untuk mengisi ruang kosong antar partikel biotermoplastik. Jika suhu dinaikan di atas titik optimumnya, densitasnya sudah tidak mengalami kenaikan yang lagi, karena semua pori sudah tertutup (Sukanto, 2009).

Nilai SNI untuk densitas bioplastik menurut Standart Internasional (SI) ASTM D792-91 nilai densitas yang baik untuk komposit biotermoplastik adalah 0,91-0,925. Berdasarkan penelitian ini, seluruh sampel memiliki nilai densitas di atas 0,91-0,925 yang menandakan bahwa biotermoplastik TPS/TPG/PLA belum memenuhi standar (ASTM D792-91).

Biodegradasi

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu dan waktu pencetakan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap waktu biodegradasi kemasan nampan komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA. Nilai waktu biodegradasi kemasan nampan komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA berkisar antara 21,5 – 26,5 hari, seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Uji Biodegradasi (hari) Kemasan Nampan Berbasis TPS/TPG/PLA

Uji biodegradasi bertujuan untuk mengetahui seberapa besar sampel biotermoplastik terurai oleh mikroorganisme dalam tanah. Hasil penelitian pada Gambar 6 menunjukkan bahwa biodegradasi komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA tercepat pada perlakuan konsentrasi suhu 145°C dan waktu 60 detik (S2W3) selama 21,5 hari, yang berbeda nyata dengan lainnya. Selain perlakuan suhu 145°C dengan waktu 45 detik dan suhu 130°C dengan waktu 60 detik, maka perlakuan lain menghasilkan

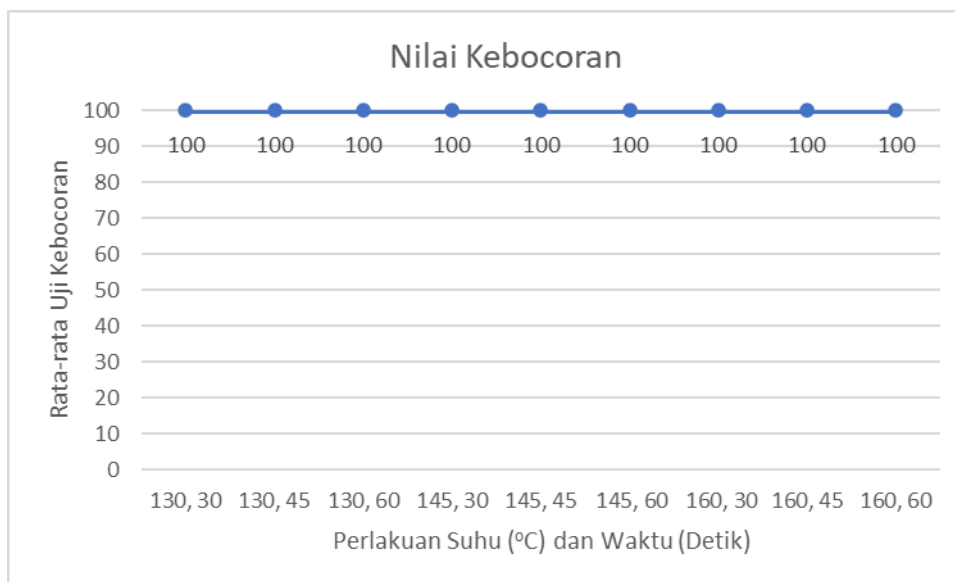
waktu biodegradasi yang lebih tinggi yaitu berkisar 24 – 26,5 hari.

Pengaruh suhu dan waktu pencetakan sangat nyata terhadap lama biodegradasi menyebabkan partikel biotermoplastik banyak mengalami perubahan fisikokimia sehingga strukturnya menjadi rapat (Sukanto, 2009), dengan karakteristik tersebut tentunya menyebabkan mikroorganisme sulit menguraikan partikel-partikel penyusun biotermoplastik (Utomo, 2013).

Berdasarkan standar bioplastik internasional (ASTM D638) untuk lamanya degradasi maksimal waktu 60 hari. Sedangkan pada penelitian ini, biodegradasi membutuhkan waktu sekitar 21-26 hari. Oleh karena itu, komposit biotermoplastik sudah memenuhi standar yang sudah ditetapkan.

Uji Kebocoran

Uji kebocoran dilakukan untuk memeriksa keutuhan suatu kemasan dan untuk mengetahui ketahanan kemasan dari zat cair. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan air ke dalam kemasan nampan selama 30 menit. Berdasarkan hasil pengujian tersebut semua kemasan nampan baik karena air yang diletakkan di atas permukaan kemasan tidak merembes dan bocor.



Gambar 7. Uji Kebocoran Kemasan Nampan Berbasis TPS/TPG/PLA

Pada Gambar 7 menunjukkan hasil uji kebocoran kemasan nampan komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA. Hasil uji menunjukkan tidak terjadi kebocoran terhadap kemasan nampan komposit biotermoplastik. Kebocoran biotermoplastik dipengaruhi oleh suhu dan waktu terhadap densitas biotermoplastik hal ini dikarenakan semakin tinggi suhu maka jumlah pori dari biotermoplastik akan semakin berkurang sehingga biotermoplastik menjadi rapat dan sulit tertembus air. Hal ini juga didukung oleh pernyataan Permanadewi *et al.* (2021) semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu pencetakan maka semakin rapat muatan-muatan atau partikel-partikel dari komponen biotermoplastik tersebut.

Menurut Rahmayetty *et al.* (2018) suhu dan waktu pencetakan mempengaruhi material hidrofobik yang bersifat termoplastis akan mengalami pengikatan antar partikel semakin kuat. Lebih lanjut Rahmayetty *et al.* (2018) menjelaskan penggunaan PLA yang termoplastis akan mengurangi kemampuan film menyerap air yang artinya material tersebut tahan terhadap air dan tidak mengalami kebocoran. Kemampuan dalam menyerap air merupakan salah satu parameter kualitas dari

biotermoplastik, karena pada aplikasinya biotermoplastik yang tahan akan kebocoran menandakan biotermoplastik sangat mungkin dijadikan kemasan produk pangan yang mengandung air. Jika biotermoplastik terlalu mudah untuk menyerap atau bahkan larut dalam air maka biotermoplastik tersebut dapat dikategorikan tidak layak pakai (Marlina, 2021).

Bentuk kemasan harus benar-benar rapi dan bagus, tidak boleh terdapat kebocoran pada kemasan yang akan mengakibatkan kerusakan pada produk di dalamnya (Nyoto *et al.*, 2022). Pada penelitian ini seluruh kemasan nampun tidak mengalami kebocoran sehingga sudah memenuhi standar yang sudah ditetapkan (EN 317).

KESIMPULAN

Kesimpulan

Suhu dan waktu pencetakan berpengaruh sangat nyata terhadap nilai kuat tarik (*tensile strength*), perpanjangan saat putus (*elongation at break*), elastisitas (*Modulus Young*), pengembangan tebal (*Swelling*), densitas (*Density*), waktu biodegradasi (*biodegradation time*) dan uji kebocoran dari kemasan nampun berbasis TPS/TPG/PLA.

Kemasan nampun terbaik diperoleh dari suhu 160°C dan waktu 45 detik (S3W2) dengan nilai kuat tarik (*tensile strength*) 42,20 MPa, nilai perpanjangan saat putus (*elongation at break*) 0,7 %, elastisitas (modulus young) 6,12 GPa, pengembangan tebal (*swelling*) 0,47%, densitas (*density*) 1,31 g/cm³, waktu biodegradasi (*biodegradation time*) 24 hari dan uji kebocoran dari semua kemasan nampun tidak ada yang bocor. Tetapi untuk elastisitas (modulus young), perpanjangan saat putus (*elongation at break*) dan densitas (*density*) belum memenuhi standar yang sudah ditetapkan.

Saran

Pada penelitian ini disarankan menggunakan suhu dan waktu pencetakan 160°C dan 45 detik karena dapat menghasilkan karakteristik kemasan nampun berbasis TPS/TPG/PLA yang terbaik. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dalam pengembangan kemasan nampun berbasis TPS/TPG/PLA dengan menggunakan bahan tambahan lain seperti *filler* untuk meningkatkan karakteristik kemasan nampun seperti nilai elastisitas (modulus young), perpanjangan saat putus (*elongation at break*) dan Densitas (*density*).

DAFTAR PUSTAKA

- Albar, A., Rahmaniah, dan Ihsan. 2021. Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Pati Ubi Uwi Ungu, Plasticizer Gliserol dan Kitosan. *Jurnal Teknosains*, 3, 253–257.
- Epriyanti, N. M. H., Harsojuwono, B. A., dan Arnata, I. W. 2016. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Karakteristik Komposit Plastik Biodegradable dari Pati Kulit Singkong dan Kitosan. *Maret Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 4(1), 21–30.
- Harsojuwono, B. A., Arnata, I. W., Hartiati, A., Setiyo, Y., Hatiningsih, S., and Suriati, L. 2022. The Improvement of the Modified Starch—Glucomannan—Polyvinyl Alcohol Biothermoplastic Composite Characteristics With Polycaprolactone and Anhydride Maleic Acid. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.844485>
- Hartatik, Y. D., Nuriyah, L., dan Iswarin. 2014. *Pengaruh Komposisi Kitosan terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradable Bioplastik*.
- Jambak, B. H. N. 2023. *Analisis Pengaruh Suhu Pada Bahan Plastik Terhadap Kekuatan Impact*. Universitas Medan Area.

- Jeziorska, R., Szadkowska, A., Spasowka, E., Lukomska, A., and Chmielarek, M. 2018. Characteristics of Biodegradable Polylactide/Thermoplastic Starch/Nanosilica Composites: Effects of Plasticizer and Nanosilica Functionality. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/4571368>
- Marlina, R., Sumantri, Y., K., S. dan Syarbini, A. 2021. Karakterisasi Komposit Biodegradable Foam Dari Imbah Serat Kertas Dan Kulit Jeruk Untuk Kemasan Pangan. *Jurnal Kimia Dan Kemasan.*, 43(2), 1–11.
- Mohareb, E., and Mittal, G. S. 2007. Formulation and process conditions for biodegradable/edible soy-based packaging trays. *Packaging Technology and Science*, 20(1), 1–15. <https://doi.org/10.1002/pts.736>
- Morales, A. P., Güemes, A., Fernandez-Lopez, A., Valero, V. C., and Llano, S. D. L. R. 2017. Bamboo-polylactic acid (PLA) composite material for structural applications. *Materials*, 10(11), 1–22. <https://doi.org/10.3390/ma10111286>
- Nuriyah, L., Saroja, G., Ghufro, M., Razanata, A., dan Rosid, N. F. 2018. Karakteristik Kuat Tarik dan Elongasi Bioplastik Berbahan Pati Ubi Jalar Cilembu dengan Variasi Jenis Pemlastis. *NATURAL B*, 4(4), 177–182.
- Nyoto, M., Widiastuti, E., dan Suharianto. 2022. Penambahan Alat Indikator Suhu Digital pada Hand Sealer Manual Guna Optimalisasi Kemasan Produk di Laboratorium Manajemen Agroindustri Politeknik Negeri Jember. *Jurnal Pengembangan Potensi Laboratorium*, 1(1), 27–33. <https://doi.org/10.25047/plp.v1i1.3022>
- Permanadewi, I., Kumoro, A. C., Wardhani, D. H., dan Aryanti, N. 2021. Analisis Pengaturan Temperatur, Konsentrasi, dan Waktu Pengadukan pada Tekanan Atmosferik untuk Meningkatkan Kepresisian Densitas Larutan Alginat. *Teknik*, 42(1), 29–34. <https://doi.org/10.14710/teknik.v42i1.35994>
- Purwanti, A. 2010. Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol. *Jurnal Teknologi*, 3(2), 99–106.
- Rahmayetty, Kanani, N., dan W, E. Y. 2018. Pengaruh Penambahan PLA Pada Pati Terplastisasi Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Blend Film. *Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 1.
- Ruz-Cruz, M. A., Herrera-Franco, P. J., Flores-Johnson, E. A., Moreno-Chulim, M. V., Galera-Manzano, L. M., and Valadez-González, A. 2022. Thermal and mechanical properties of PLA-based multiscale cellulosic biocomposites. *Journal of Materials Research and Technology*, 18, 485–495. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.02.072>
- Saputra, M. R. B., dan Supriyo, E. 2020. Pembuatan Plastik Biodegradable Menggunakan Pati Dengan Penambahan Katalis ZnO Dan Stabilizer Gliserol. *PENTANA*, 1(1), 41–51.
- Sukanto, H. 2009. Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Densitas dan Kekuatan Komposit Plastik-Karet. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM*, 3(1), 57–61.
- Utomo, A. W., Argo, B. D., dan Hermanto, M. B. 2013. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Karakteristik Fisikokimiawi Plastik Biodegradable dari Komposit Pati Lidah Buaya (Aloe Vera)-Kitosan. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 1(1), 73.
- Wahyudi, U. 2015. Pengaruh Injection Time Dan Backpressure Terhadap Cacat Penyusutan Pada Produk Kemasan Toples Dengan Injection Molding Menggunakan Material Polystyrene. *Jurnal Teknik Mesin*, 4, 15–25.
- Waryat, Romli, M., Suryani, A., Yuliasih, I., dan Nasiri, S. J. A. 2013. The Mechanical Characteristic, Barrier And Biodegradability Of Biodegradable Plastic From Thermoplastic Starch-LLDPE Blends. *J Tek Ind Pert*, 23(2), 153–163.