PEMBUATAN BIODEGRADABLE FOAM DENGAN METODE MICROWAVE ASSISTED MOLDING MENGGUNAKAN SABUT KELAPA

Wahyudi[1)], Arief Adhiksana[1)], Mustafa[1)], Kusyanto[1)], Syarifuddin Oko[1)], Sitti Sahraeni[1)] dan Ranti Novia Nur Ramadhani[2)]

[1]Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda
[2]Mahasiswa Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda

E-mail: wahyudi@polnes.ac.id

Abstract

Coconut fiber is a material containing lignin and cellulose that can be used as a raw material for the production of biodegradable foam. Coconut fiber contains 26.6% cellulose and 27.7% hemicellulose. Biodegradable foam is a type of bioplastic that functions as an alternative packaging material to replace styrofoam goods. The manufacture of biodegradable foam can utilize coconut fiber, cassava starch, and PVA. This study aims to explore the effect of power and duration in the process of making biodegradable foam using a microwave-assisted molding (MAM) process. The use of a microwave-assisted molding (MAM) process can accelerate the process of making biodegradable foam compared to conventional methods that require external heat and long duration. The materials used consisted of fiber (25 grams), starch (50 grams), and PVA (20 grams), which were then heated in a microwave at varying power levels (300, 450, and 600 watts) and durations (240, 270, 300, 330, and 360 seconds). Optimal results were achieved at 600 watts for 360 seconds, with a tensile strength of 5.4 MPa, a density of 0.5704 g/cm3, a water absorption of 9.09%, and a biodegradation rate of 29.27%. The results are expected to produce a biodegradable foam to replace Styrofoam

Keywords: *biodegradable foam, microwave, polyvinyl alcohol, coconut fiber, cassava flour*

PENDAHULUAN

Serat sabut kelapa adalah biomassa lignoselulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar dalam pembuatan busa biodegradable. Sabut kelapa merupakan bagian mesokarp dari buah kelapa yang berada di antara kulit luar dan tempurungnya. Bahan ini terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang berperan penting dalam menentukan karakteristik fisik dan mekanik produk yang berbasis serat alami. Kandungan lignoselulosa yang tinggi menjadikan serat sabut kelapa berpotensi sebagai bahan penguat dalam material ramah lingkungan (Khalil et al., 2023).

Serat sabut kelapa selama ini hanya digunakan sebagai bahan bakar, pembuatan sapu dan pengisi jok kursi. Serat sabut kelapa mengandung serat yang cukup tinggi terkandung 26,6% selulosa dan 27,7% hemiselulosa sehingga biofoam memiliki sifat mekanik yang baik, tapi kandungan ligninnya harus dikurangi untuk meningkatkan

kualitas serat yang dihasilkan untuk pembuatan biodegradable foam (Daulay, Lubis. H.L, 2023).

Menurut data dari Badan Pusat Statistik Kalimantan Timur, luas lahan tanaman kelapa pada tahun 2023 mencapai sekitar 20.144 ha dengan total produksi sebesar 7.843 ton. Dengan perkiraan sabut kelapa menyumbang sekitar 35% dari total berat buah, potensi limbah sabut kelapa yang dihasilkan diperkirakan mencapai 2.745 ton setiap tahun. Ketersediaan bahan baku yang melimpah itu membuka peluang besar untuk penggunaan sabut kelapa sebagai sumber serat alami dalam pengembangan busa biodegradable berbasis biomassa. (BPS Web API)

Sejauh ini, penggunaan serat sabut kelapa masih terbatas pada bahan bakar, sapu, keset, tali, dan pengisi kursi. Sebenarnya, serat sabut kelapa mengandung selulosa dan hemiselulosa yang cukup tinggi, sehingga berpeluang untuk meningkatkan daya tahan mekanik produk komposit dan biofoam. Meskipun begitu, kadar lignin yang cukup tinggi harus diminimalkan melalui perlakuan tertentu, seperti pengobatan alkali, untuk meningkatkan kualitas permukaan serat dan memperbaiki ikatan antar muka dengan matriks polimer (Kondo & Arsyad, 2018; Sood et al., 2023). (Jurnal PNUP)

Serat sabut kelapa mengandung selulosa yang dapat berperan sebagai biofiller yang meningkatkan biodegradabilitas biofoam. Di samping itu, adanya selulosa membantu meningkatkan kekuatan tarik, kekakuan, dan kestabilan struktur bahan. Serat sabut kelapa, yang berasal dari limbah pertanian yang dapat diperbaharui dan mudah terdegradasi, menjadi salah satu kandidat penguat alami yang menjanjikan untuk pengembangan material kemasan yang ramah lingkungan (Norizan et al., 2022).

Dalam penelitian busa biodegradable, polivinil alkohol (PVA) sering dimanfaatkan sebagai matriks karena memiliki karakteristik biodegradable, biokompatibel, kemampuan yang baik dalam membentuk film, serta daya tahan mekanik yang cukup tinggi. Penggunaan kombinasi PVA dan serat selulosa dari sabut kelapa dapat menghasilkan biofoam yang memiliki sifat fisik dan mekanik lebih unggul dibandingkan dengan matriks yang tidak menggunakan serat penguat (Abdul Khalil et al., 2023).

Beragam metode telah diterapkan dalam pembuatan busa biodegradabel, seperti thermopressing, proses pemanggangan, ekstrusi, dan pencetakan dibantu microwave (MAM). Di antara metode tersebut, MAM merupakan salah satu teknologi yang menjanjikan karena dapat menghasilkan pemanasan volumetrik yang lebih cepat dan

merata. Tidak seperti pemanasan tradisional yang bergantung pada transfer panas dari permukaan ke dalam material, gelombang mikro dapat menjangkau material secara merata sehingga distribusi suhu lebih seragam dan waktu pemrosesannya lebih cepat. Oleh karena itu, teknologi MAM dianggap mampu meningkatkan efisiensi produksi dan mendukung proses manufaktur yang lebih berkelanjutan (Kumar et al., 2022).

Busa biodegradable adalah pilihan kemasan pengganti styrofoam yang dibuat dari bahan alami, yaitu pati yang diperkaya dengan serat untuk memperkuat strukturnya. Busa yang dibuat dari pati dapat dihasilkan dengan berbagai metode, seperti ekstrusi atau pemanggangan dalam cetakan panas. Bahan tambahan dan serat biasa ditambahkan untuk meningkatkan daya tahan dan kelenturan busa yang berbasis pati (Agus dkk., 2023).

Dalam upaya meningkatkan penelitian sebelumnya, dilakukan inovasi dengan mengganti proses pemanasan konvensional (pemanggangan/ thermopressing) menggunakan metode microwave assisted moulding (MAM) dari serat sabut kelapa. Oleh karena variasi baru ini diharapkan dapat menghasilkan biofoam untuk menggantikan styrofoam.

METODE PENELITIAN

Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas kimia 250 mL, 2000 mL, 100 mL, neraca analitik, batang pengaduk, blender, mixer, wadah, oven, cetakan, hot plate, ayakan 20 dan 70 mesh, serta jangka sorong. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah serat sabut kelapa, pati singkong, pilivinil alkohol, NaOH 10%, H_2O_2 30%, dan air.

Prosedur Kerja

Serat sabut kelapa dihancurkan sampai halus menggunakan blender, setelah halus diayak hingga 70 mesh. Serat sabut kelapa yang sudah halus diproses delignifikasi untuk menghilangkan lignin dari serat menggunakan NaOH 10% pada suhu 90-95℃ selama 1 jam.

Selanjutnya serat dibilas menggunakan aquades, lalu dikeringkan di oven pada suhu 100℃ selama 1 jam. Serat yang sudah diproses delignifikasi, dilakukan proses bleaching atau pemutihan pada serat menggunakan H_2O_2 30%. Serat yang sudah direndam hingga

warnanya pudar, dibilas menggunakan aquades sampai pH stabil, lalu dikeringkan di oven pada suhu 100℃ selama 1 jam.

Menimbang bahan utama yang digunakan yaitu serat, pati singkong dan polivinil alkohol, campurkan semua bahan yang sudah ditimbang dengan air 75 mL, lalu diaduk menggunakan mixer selama 30 menit dan dimasukkan dalam cetakan. Sampel yang sudah dicetak dimasukkan dalam microwave pada variasi daya (300, 450, dan 600 watt) serta waktu (240, 27-, 300, 330, dan 360 detik). Setelah dipanaskan dengan microwave, sampel dibiarkan ditempat tertutup dengan suhu ruang untuk memudahkan mengeluarkan sampel dari cetakan.

Melakukan pengujian densitas dengan memotong sampel 2,5 cm x 5 cm, diukur ketebalannya dan ditimbang massanya. Melakukan perhitungan denganmembagi massa sampel dengan keliling sampel.

Melakukan pengujian daya serap air dengan memotong sampel 2,5 cm x 5 cm yang ditimbang massa awalnya lalu merendam sampel didalam air selama 60 detik dan ditimbang massa akhirnya. Dilakuka perhitungan dengan mengurangi massa akhir dengan massa awal dibagi massa akhir dikali 100 persen.

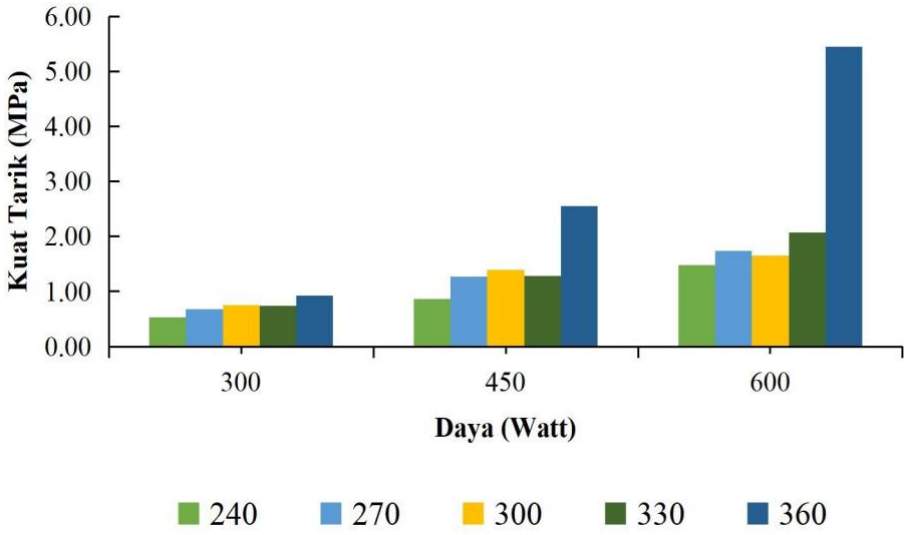
Melakukan pengujian biodegradasi dengan memotong sampel 2,5 cm x 5 cm yang direndam selama 60 detik kemudian ditimbang massa awalnya,lalu sampel dikubur didalam tanah sedalam 20 cm selama 14 hari. Setelah 14 hari, sampel ditimbang massa akhirnya. Melakukan perhitungan dengan mengurangi massa awal dengan massa akhir lalu dibagi massa awal dikali 100 persen.

Melakukan pengujian kuat tarik dengan memotong sampel sesuai standar ASTM D638 tipe IV, lebar 2 cm, lebar tengan 1,2 cm dan tebal 7 mm. Sampel dijepit oleh alat, lalu ditarik hingga putus dan dicatat hasilnya. Melakukan perhitungan daya kuat tarik dibagi lebar tengah dikali tebal sampel kemudian dikonversikan ke MPa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini memanfaatkan serat sabut kelapa sebagai bahan baku dalam pembuatan biodegradable foam atau sering disebut biofoam. Pembuatan biofoam juga melibatkan penggunaan zat adiktif seperti polyvinyl alcohol (PVA). Selain metode microwave assisted moulding (MAM) yang sering digunakan dalam pembuatan biofoam

adalah metode baking dan thermopressing. Pemilihan metode microwave assisted moulding (MAM) karena waktunya cukup singkat dan suhu yang merata.

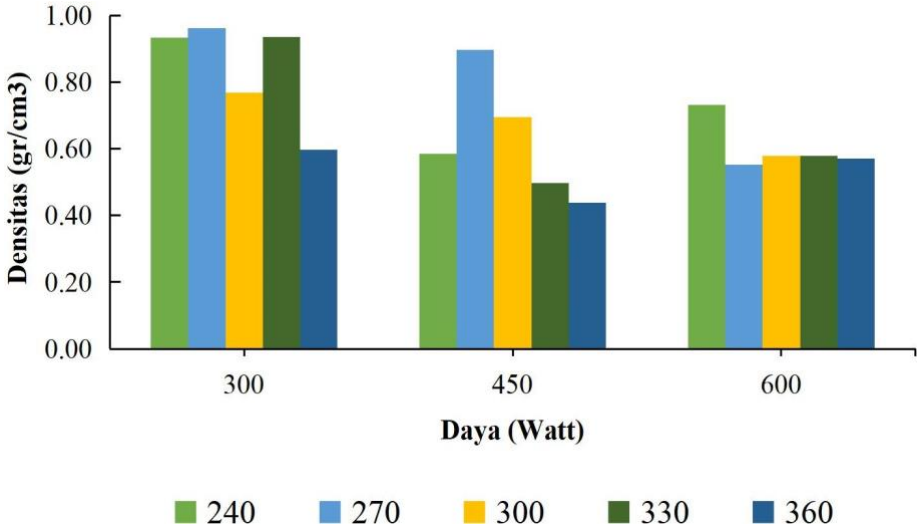


Gambar 1. Pengaruh Daya dan Waktu *Microwave*Terhadap Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik biodegradable foam dilakukan dengan mengukur panjang, lebar dan tebal biofoam serta mengukur berat dari biofoam. Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa daya dan waktu pemanasan dengan gelombang mikro berpengaruh terhadap kuat tarik biofoam yang dihasilkan.

Hasil nilai kuat tarik paling tinggi yaitu 5,45 MPa pada variasi daya 600 watt selama 360 detik, sedangkan nilai kuat tarik yang paling rendah yaitu 0,53 MPa pada variasi daya 300 watt selama 240 detik. Peningkatan kuat tarik biofoam berbanding lurus dengan meningkatnya daya dan waktu pemanasan dengan gelombang mikro.

Hal ini disebabkan adanya gugus hidroksil yang dimiliki oleh PVA yang akan menghasilkan komposit yang lebih kuat secara mekanik karena akan membentuk ikatan hidrogen ketika dicampurkan dengan pati singkong sehingga dapat memperkuat ikatan antar kedua bahan tersebut.

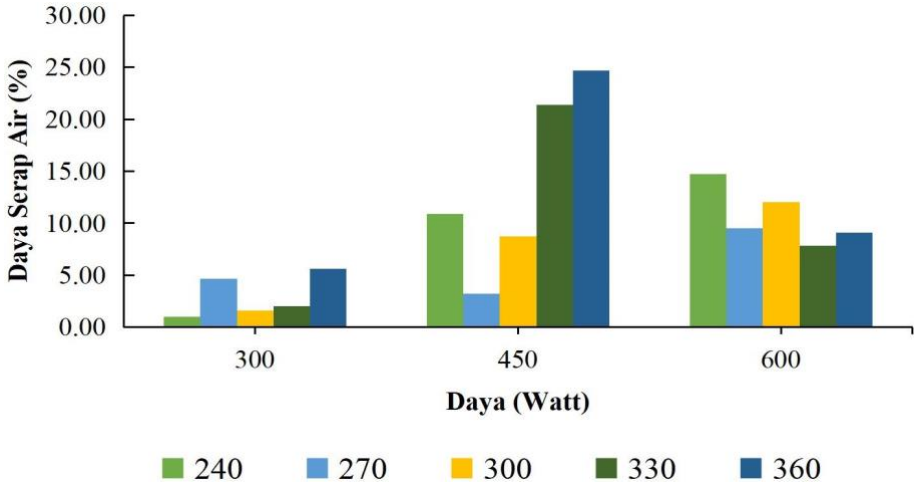


Gambar 2. Pengaruh Daya dan Waktu MicrowaveTerhadap Densitas

Pengujian densitas pada biodegradable foam, dilakukan dengan mengukur Panjang, lebar dan tebal biofoam serta mengukur berat biofoam.

Berdasarkan Gambar 2 hasil nilai densitas paling tinggi yaitu 0,9626 g/cm3 pada variasi daya 300 watt selama 270 detik, sedangkan nilai densitas yang paling rendah yaitu 0,4385 g/cm3 pada variasi daya 450 watt selama 360 detik, sehingga menunjukkan bahwa pemanasan dengan gelombang mikro dapat menghasilkan biofoam dengan densitas yang lebih rendah, serta lebih ringan dan lebih mudah terurai.

Hal ini disebabkan oleh penguapan air yang lebih cepat seiring dengan peningkatan daya dan waktu gelombang mikro.

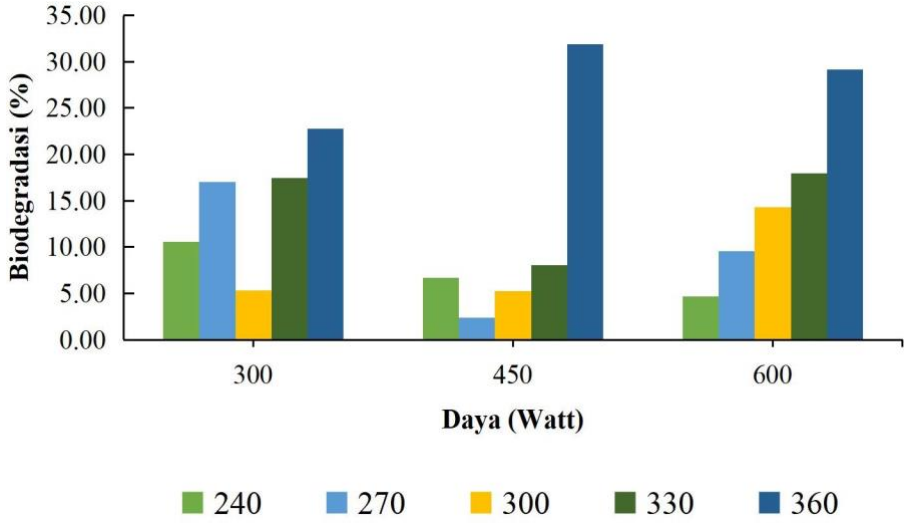


Gambar 3. Pengaruh Daya dan Waktu Microwave Terhadap Daya Serap Air

Pada hasil analisa uji daya serap air sampel biodegradable foam di potong sesuai standar dan ditimbang massa awalnya, selanjutnya direndam dalam air selama 1 menit dan ditimbang berat akhirnya.

Berdasarkan Gambar 3 nilai daya serap air paling tinggi yaitu 24,72% pada variasi daya 450 watt selama 360 detik, sedangkan nilai daya serap air yang paling rendah yaitu 1,00% pada variasi daya 300 watt selama 240 detik.

Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan daya dan waktu radiasi gelombang mikro menghasilkan panas secara langsung dalam biofoam yang menyebabkan molekul air bergerak lebih cepat dan perubahan fisik serta kimia pada struktur biofoam, sehingga dapat meningkatkan kemampuan biofoam untuk menyerap lebih banyak air.



Gambar 4. Pengaruh Daya dan Waktu Microwave Terhadap Biodegradasi

Hasil uji biodegradasi setelah 14 hari dapat dilihat pada Gambar 4 menunjukkan bahwa berbagai jenis biofoam memiliki kemampuan daya urai yang berbeda. Nilai biodegradasi tertinggi didapat sebesar 31,91% pada variasi daya 450 watt selama 360 detik, sedangkan nilai biodegradasi terendah didapatkan sebesar 2,37% pada variasi daya 450 watt selama 270 detik, sehingga hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan daya dan waktu pemanasan dengan gelombang mikro dapat menyebabkan biofoam lebih mudah terurai. Hal ini disebabkan karena proses metabolisme dari mikroorganisme dapat meningkatkan laju degradasi biofoam, yang membuatnya terurai lebih cepat.

SIMPULAN

Adapun simpulan pada penelitan ini adalah **s**emakin lama waktu dan semakin besar daya microwave maka nilai kuat tarik dan biodegradasi semakin tinggi, sedangkan

densitas dan daya serap air semakin rendah. Hasil terbaik yang didapat pada variasi daya 600 selama 360 detik. Dengan karakteristik sebagai berikut: kuat tarik (5,4 MPa), densitas (0,5704 gr/cm3), daya serap air (9,09 %), dan biodegradasi (29,17 %).

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat di Politeknik Negeri Samarinda (P2M POLNES) atas kesempatan yang diberikan untuk melakukan penelitian independen ini, dan juga kepada semua pihak yang mendukung kelancaran pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abdul Khalil, H. P. S., Nurazzi, N. M., Asyraf, M. R. M., dkk. (2023). Natural fiber reinforced biopolymer composites: A review on mechanical, thermal and biodegradation properties. Polymers, 15(3), 721.

Badan Pusat Statistik. (2024). Statistik daerah Provinsi Kalimantan Timur volume 15, 2024. https://kaltim.bps.go.id/id

Daulay, Lubis, H. L., & H. H. S. (2023). Pengaruh biokomposit serbuk sabut kelapa dengan perekat PVAc terhadap karakteristik biofoam. Einstein, 3, 136–142.

Hilmi, N. F. (2024). Optimasi pengaruh polivinil alkohol (PVA) dalam pembuatan biodegradable foam dari serat sabut kelapa dan pati singkong. https://perpus.polnesk.ac.id/

Khalil, H. P. S. A., Nurazzi, N. M., Rizal, S., dkk. (2023). Lignocellulosic fiber-based sustainable materials and their applications. Materials Today: Proceedings, 74, 312–320.

Kondo, Y., & Arsyad, M. (2018). Analisis kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa serat sabut kelapa akibat perlakuan alkali. INTEK: Jurnal Penelitian, 5(2), 77–84.

Kumar, R., Singh, S., & Sharma, P. (2022). Microwave processing of sustainable polymer foams: Recent advances and future prospects. Journal of Materials Research and Technology, 18, 1845–1860.

Norizan, M. N., Abdan, K., Salit, M. S., dkk. (2022). Cellulose-based reinforcements for biodegradable packaging materials: A review. Journal of Natural Fibers, 19(12), 4567–4584.

Oyeyinka, S. A., Akinware, R. O., Bankole, A. T., Njobeh, P. B., & Kayitesi, E. (2021). Influence of microwave heating and time on functional, pasting and thermal properties of cassava starch. International Journal of Food Science and Technology, 56(1), 215–223. https://doi.org/10.1111/ijfs.14621

Tacha, S., Somord, K., Rattanawongkun, P., Intatha, U., Tawichai, N., & Soykeabkaew, N. (2023). Bio-nanocomposite foams of starch reinforced with bacterial nanocellulose fibers. Materials Today: Proceedings, 75, 119–123. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.12.049

Zubair, M., Ferrari, R., Alagha, O., Mu'azu, N. D., Blaisi, N. I., Ateeq, I. S., & Manzar, M. S. (2020). Microwave foaming of materials: An emerging field. Polymers, 12(11), 1–39. https://doi.org/10.3390/polym12112477