

PERUBAHAN DIMENSI PIRING PELEPAH PINANG AKIBAT PERLAKUAN FISIK

Yernisa^{1*}, Fera Oktaria¹⁾, Meri Arisandi¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Universitas Jambi, Jambi

*Email Korespondensi : yernisa_tip@unja.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan klasifikasi piring pelepah pinang berdasarkan berat dan mengetahui perubahan dimensi piring pelepah pinang akibat perlakuan fisik. Penelitian dilaksanakan pada beberapa tahap, yaitu: Tahap 1. Klasifikasi piring pelepah pinang berdasarkan berat; Tahap 2. Pengaruh penyimpanan pada masing-masing klasifikasi piring pelepah pinang; Tahap 3. Pengaruh suhu air dan lama perendaman pada masing-masing klasifikasi piring pelepah pinang; Tahap 4. Pengaruh pemanasan pada masing-masing klasifikasi piring pelepah pinang. Parameter yang diamati adalah perubahan kadar air, tinggi dan diameter piring pelepah pinang. Piring pelepah pinang (diameter atas 15,5 cm, tinggi 2 cm) memiliki berat rata-rata 20,65 g, diklasifikasikan menjadi: kurang 18 g; 18 – 24 g; dan lebih dari 24 g. Perbedaan berat piring pelepah pinang tidak berpengaruh terhadap perubahan kadar air piring yang disimpan selama dua bulan tetapi penyimpanan piring pinang kondisi suhu ruang (28 ± 1°C) dan RH 78 ± 2 % menyebabkan kenaikan kadar air piring sebesar 2,30 hingga 4,86%. Penggunaan air dengan perlakuan suhu dan waktu yang berbeda menyebabkan perubahan dimensi tinggi dan diameter pada semua klasifikasi berat piring. Pemanasan menggunakan oven suhu 100°C dengan beberapa perlakuan waktu hanya mempengaruhi perubahan dimensi tinggi piring pelepah pinang.

Kata kunci: Pelepah Pinang, Piring, Dimensi

ABSTRACT

The aim of this study was to classify areca plates based on weight and to investigate the dimensional change of areca plates that were treated by physical treatments. This study was conducted in several steps, the first step was classification of areca plates based on weight, the second step was the effect of storage on each of areca plates classification, the third step was the effect of water temperature and time of immersion on each of areca plates classification, the fourth step was the effect of heating on each of areca plates classification. Areca plates (diameter 15,5 cm and height 2 cm) classified into three category based on weight: less than 18 g, 18 – 24 and more than 24 g. Storage of areca plates for two months in room temperature (28 ± 1°C) RH 78 ± 2 % did not give different effect to moisture of category of areca plates based on weight, but areca plates moisture increased 2,40 % to 4,86% for two months storage. Water filling on areca plates with differences of temperatures and time caused dimensional change (height and diameter) of all classification of areca plates. Areca plates that heated 100°C for differences of time caused height change of areca plates.

Keywords: Areca sheath, plates, dimensional

PENDAHULUAN

Pelepah dari tanaman pinang *Areca catechu* Linn dapat dijadikan sebagai produk yang bernilai tambah seperti wadah atau piring. Pelepah pinang mengandung senyawa larut air (0,72%), lemak dan wax (5,06%), pektin (1,15%), lignin (19,59%), α-selulosa (66,08%), dan hemiselulosa (7,4%). Kandungan selulosa yang tinggi memberikan kekuatan dari pelepah pinang tersebut [1]. Sifat tersebut memungkinkan pelepah pinang

dijadikan sebagai wadah atau piring sebagai peralatan makan (*tableware*) Piring pelepah pinang menjadi alternatif wadah yang ramah lingkungan karena mudah terdekomposisi secara alami menggantikan piring plastik atau sterofoam.

Penelitian mengenai piring pelepah pinang telah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti penelitian mengenai perancangan mesin pembuatan piring pelepah pinang [2] [3][4][5]. Selain itu, penelitian tentang karakteristik piring pelepah pinang yang dihasilkan khususnya untuk bahan baku pelepah yang berasal dari provinsi Jambi. Piring pelepah pinang tahan terhadap minyak lebih dari 30 menit tetapi memiliki kemampuan menyerap air yang tinggi yaitu 292,14% - 363,36% [6].

Peralatan makan seperti piring digunakan sebagai wadah yang kontak langsung dengan makanan. Makanan memiliki karakteristik kadar air tertentu, seperti makanan berkadar air rendah atau makanan kering dan makanan berkadar air tinggi seperti makanan berkuah. Selain itu suhu penyajian makanan juga berbeda-beda, ada yang disajikan dingin, suhu ruang atau panas tergantung jenis makanannya.

Piring pelepah pinang memiliki komposisi utama bahan baku berupa serat alami, Serat alami memiliki keterbatasan yaitu sifatnya yang hidrofilik [7], dan dapat mengalami penyusutan akibat pemanasan [8]. Sifat hidrofilik serat menyebabkan serat dapat menyerap air yang dapat mengubah karakteristik fisik dan kimia serat bahkan dapat mengubah dimensi serat. Piring pelepah pinang dalam penggunaannya sebagai wadah makanan akan mengalami perlakuan tertentu yang menyebabkan piring kontak dengan air atau mengalami perlakuan fisik seperti pemanasan tergantung pada jenis makanan dan tujuan penggunaannya.

Pelepah pinang sebagai bahan baku pembuatan piring merupakan bahan alam hasil pertanian. Sifat bahan hasil pertanian adalah tidak seragam termasuk pelepah pinang, pelepah pinang bervariasi tergantung pada musim dan asal/lokasi tempat tumbuh [2]. Oleh karena beragamnya karakteristik bahan baku pelepah pinang perlu dilakukan pengelompokan/klasifikasi produk yang dihasilkan agar pemanfaatannya disesuaikan karakteristik produknya.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan klasifikasi piring pelepah pinang berdasarkan berat dan mengetahui perubahan dimensi piring pelepah pinang (pada masing-masing klasifikasi piring) akibat perlakuan fisik yang berkaitan dengan penggunaan piring oleh konsumen. Hasil penelitian ini menjadi bahan informasi bagi produsen maupun konsumen piring pelepah pinang.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah piring pelepah pinang (*Areca catechu* L) menggunakan alat tekan kempa panas (*hot press*) [9]. Pelepah pinang yang digunakan sebagai baku pembuatan piring diperoleh dari Desa Sungai Terap Kecamatan Betara Kabupaten Tanjung Jabung Barat Provinsi Jambi. Piring pinang dibuat berbentuk lingkaran dengan ukuran cetakan piring diameter permukaan piring 17 cm, diameter bawah 11,5 cm, diameter atas piring 15,5 cm dan tinggi 2 cm. Penelitian dilaksanakan pada beberapa tahap, yaitu:

Tahap 1. Klasifikasi piring pelepah pinang berdasarkan berat

Sampel piring pinang diklasifikasikan ke dalam kategori berdasarkan berat piring menggunakan aturan *Sturges*. Data disajikan dalam tabel distribusi frekuensi kelompok dari 100 piring pelepah pinang yang dijadikan sampel.

Tahap 2. Pengaruh penyimpanan pada masing-masing klasifikasi piring pelepah pinang

Sampel dari masing-masing kategori hasil klasifikasi tahap pertama (kurang dari 18 g; 18 g – 24 g dan lebih dari 24 g) diletakkan pada wadah tanpa penutup pada suhu ruang ($28 \pm 1^\circ\text{C}$) dan RH $78 \pm 2\%$ selama 2 bulan. Pengamatan yang dilakukan adalah kadar air piring pelepah pinang sebelum dan sesudah penyimpanan serta perubahannya.

Tahap 3. Pengaruh suhu air dan lama perendaman pada masing-masing klasifikasi piring pelepah pinang

Sampel dari masing-masing kategori berat piring pelepah pinang (kurang dari 18 g; 18 g – 24 g; dan lebih dari 24 g) diletakkan pada tempat dengan permukaan datar. Selanjutnya air (suhu sesuai perlakuan, yaitu suhu ruang ($28 \pm 1^\circ\text{C}$), 40°C , 60°C , 80°C dan 100°C) sebanyak 145 ml atau air memenuhi $2/3$ tinggi piring. Selanjutnya piring berisi air didiamkan selama waktu tertentu (10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit). Pengamatan yang dilakukan adalah perubahan dimensi piring pelepah pinang (tinggi dan diameter) dengan membandingkan tinggi dan diameter piring pelepah pinang sebelum dan sesudah perendaman sesuai perlakuan.

Tahap 4. Pengaruh pemanasan pada masing-masing klasifikasi piring pelepah pinang

Sampel dari masing-masing kategori berat piring pelepah pinang dipanaskan di dalam oven dengan suhu 100°C . Pemanasan dilakukan selama waktu pemanasan tertentu sesuai perlakuan (10 menit, 20 menit, 30 menit dan 40 menit). Pengamatan yang dilakukan adalah perubahan dimensi piring pelepah pinang (tinggi dan diameter) dengan membandingkan tinggi dan diameter piring pelepah pinang sebelum dan sesudah pemanasan sesuai perlakuan.

Pengamatan

Kadar Air

Pengukuran kadar air piring pelepah pinang dilakukan sebelum dan setelah penyimpanan. Kadar air diukur dengan prinsip *inductive* menggunakan alat *wood moisture tester* (DEKKO FT-7928). *Probe* ditusukkan pada sampel setelah mode pengukuran yang dipilih. Hasil pengukuran ditampilkan dalam layar *LCD* alat.

Perubahan Dimensi

Piring Pelepah pinang sebelum dan setelah diberi perlakuan tertentu diukur dimensinya seperti tinggi dan diameter untuk mengetahui perubahan dimensi piring pelepah pinang akibat perlakuan. Rumus perubahan dimensi yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\Delta = |\text{Dimensi awal} - \text{Dimensi akhir}|$$

$$\text{Perubahan dimensi (\%)} = \frac{|\text{Dimensi awal} - \text{Dimensi akhir}|}{\text{Dimensi awal}} \times 100$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap 1. Klasifikasi Piring Pelepah Pinang

Berat piring pelepah pinang (diameter atas 15,5 cm dan tinggi 2 cm) berkisar antara 13,38 g sampai 30,49 g dengan rata-rata 20,65 g, rentang 17,11 g dan simpangan baku 3,39 serta koefisien keragaman 16,5% dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sebaran data berat piring pelepah pinang

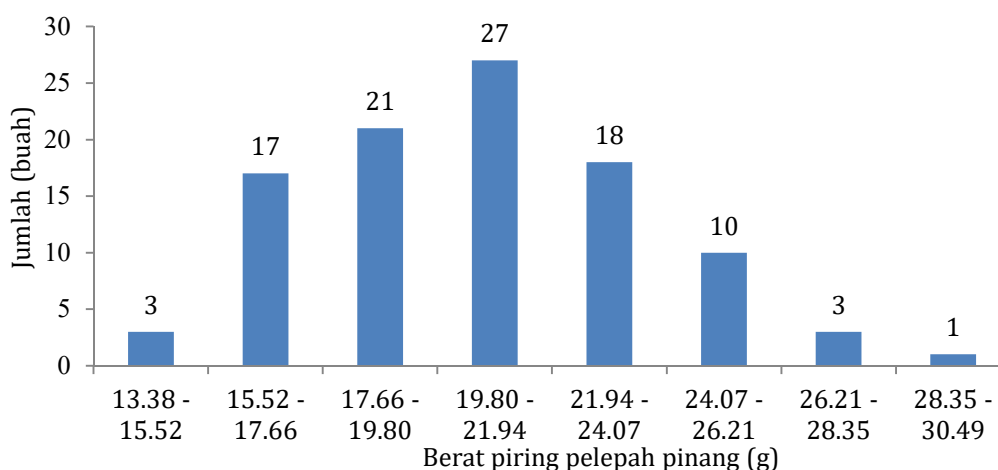
Uraian	Nilai
Rata-rata, g	20,65
Nilai minimum, g	13,38
Nilai maksimum, g	30,49
Rentang, g	17,11
Simpangan baku	3,39
Koefisien keragaman, %	16,5

Nilai rentang, simpangan baku dan koefisien keragaman berat piring pelepah pinang seperti terlihat pada Tabel 1 menunjukkan beragamnya piring pelepah pinang yang dihasilkan. Berat piring pelepah pinang yang beragam disebabkan oleh karakteristik pelepah pinang sebagai bahan baku yang merupakan bahan hasil pertanian. Secara umum bahan baku dan produk-produk hasil pertanian memiliki komposisi beragam dan tidak homogen. Komposisi dapat berubah karena perubahan musim dan kondisi lingkungan dan asal bahan baku [10]. Kualitas pelepah pinang bervariasi sesuai lokasi dan musim [2]. Oleh karena itu, karakteristik pelepah akan menentukan karakteristik piring pelepah pinang yang dihasilkan. Dalam upaya menyeragamkan produk hasil pertanian diperlukan pengelompokan produk seperti berdasarkan berat.

Piring pelepah pinang sebanyak 100 buah yang dijadikan sebagai sampel penelitian diklasifikasikan menjadi sembilan kelas interval berat piring pinang. Distribusi frekuensi berat piring pelepah pinang dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan distribusi frekuensi berat piring pinang maka piring pinang diklasifikasikan menjadi tiga klasifikasi berat piring, yaitu kurang dari 17,66 g, 17,66 – 24,07 g dan lebih dari 24,07 g dimana nilainya dibulatkan menjadi kurang dari 18 g, 18 – 24 g dan lebih dari 24 g. Jumlah persentase klasifikasi piring pelepah pinang berdasarkan berat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi piring pelepah pinang berdasarkan berat

Klasifikasi Piring	Jumlah (%)
Kurang dari 18 g	25
18 g sampai 24 g	60
Lebih dari 24 g	15
Jumlah	100



Gambar 1. Distribusi berat piring pelepah pinang

Tahap 2. Pengaruh penyimpanan pada masing-masing klasifikasi piring pelepah pinang

Kadar air sebelum dan sesudah penyimpanan pada setiap klasifikasi piring berdasarkan berat selama dua bulan dan perubahannya dapat dilihat pada Tabel 3. Rata-rata kadar piring pelepah pinang sebelum penyimpanan berkisar antara 9,17 hingga 10,45% sedangkan setelah penyimpanan berkisar antara 11,47 hingga 13,65%. Rata-rata persentase perubahan kadar air piring pinang pelepah pinang selama penyimpanan dua bulan berkisar antara 25,53% hingga 56,96%. Berdasarkan analisis ragam, perbedaan

berat piring pelepah pinang tidak berpengaruh terhadap perubahan kadar air piring pelepah pinang yang disimpan selama dua bulan.

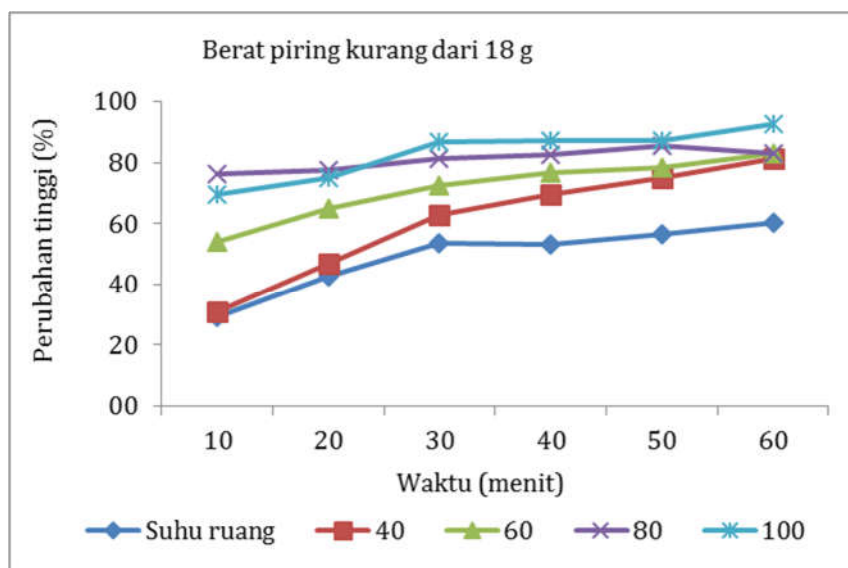
Berdasarkan uji t berpasangan, kadar air piring pelepah pinang sebelum penyimpanan berbeda nyata dengan setelah penyimpanan dua bulan (nilai p value < 0,05). Hal ini menunjukkan bahwa penyimpanan piring pelepah pinang pada kondisi suhu ruang ($28 \pm 1^\circ\text{C}$) dan RH $78 \pm 2\%$ selama 2 bulan menyebabkan kenaikan kadar air piring pelepah pinang sebesar 2,3 hingga 4,86%. Hal ini berhubungan dengan sifat hidrofilik dari serat yang menyusun pelepah pinang seperti yang dinyatakan oleh [7]. Serat pelepah pinang mengandung selulosa, hemiselosa, lignin dan pectin [1]. Senyawa-senyawa tersebut merupakan senyawa polar yang bertanggungjawab pada proses penyerapan air. Ketika kelembaban relatif (RH) meningkat, sorpsi gugus hidroksil dari selulosa dan hemiselulosa serta gugus karboksil dari pektin menjadi jenuh. Kemudian kadar air meningkat secara linear seiring meningkatnya kelembaban relatif menurut Hukum Henry (hingga RH = 65%) [11]. Kadar air dapat mencapai 10 hingga 15% pada RH sebesar 80% karena uap air berdifusi ke dalam rongga serat [12] [13].

Tabel 3. Kadar air sebelum dan setelah penyimpanan dua bulan dan perubahannya pada setiap klasifikasi piring berdasarkan berat

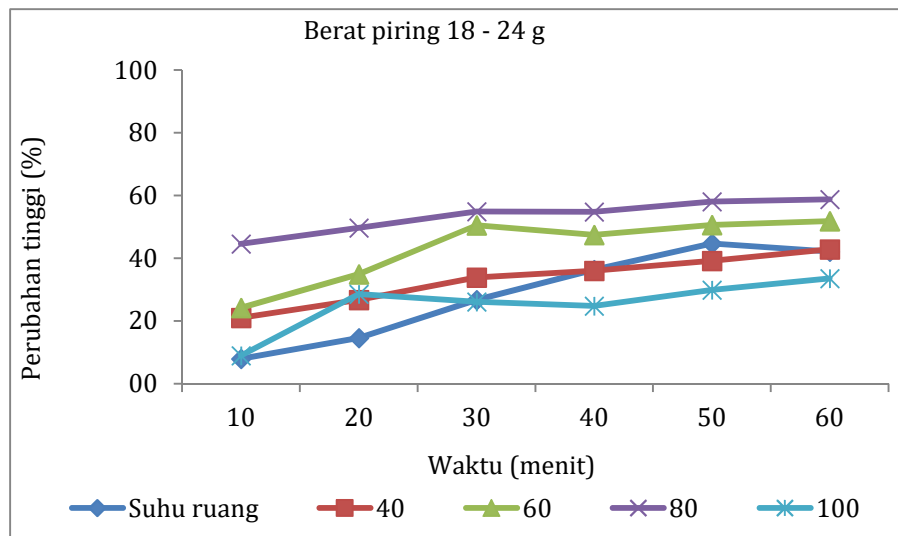
Klasifikasi Piring	Kadar Air (%)		Perubahan kadar air	
	Sebelum penyimpanan	Setelah penyimpanan	Δ (%)	%
Kurang dari 18 g	$9,17 \pm 1,02$	$11,47 \pm 0,40$	$2,30 \pm 1,01$	$25,99 \pm 13,79$
18 g sampai 24 g	$8,79 \pm 1,44$	$13,65 \pm 0,49$	$4,86 \pm 0,94$	$56,96 \pm 20,12$
Lebih dari 24 g	$10,45 \pm 2,05$	$12,93 \pm 1,33$	$2,49 \pm 0,72$	$25,53 \pm 13,37$

Tahap 3. Pengaruh suhu air dan lama perendaman pada masing-masing klasifikasi piring pelepah pinang

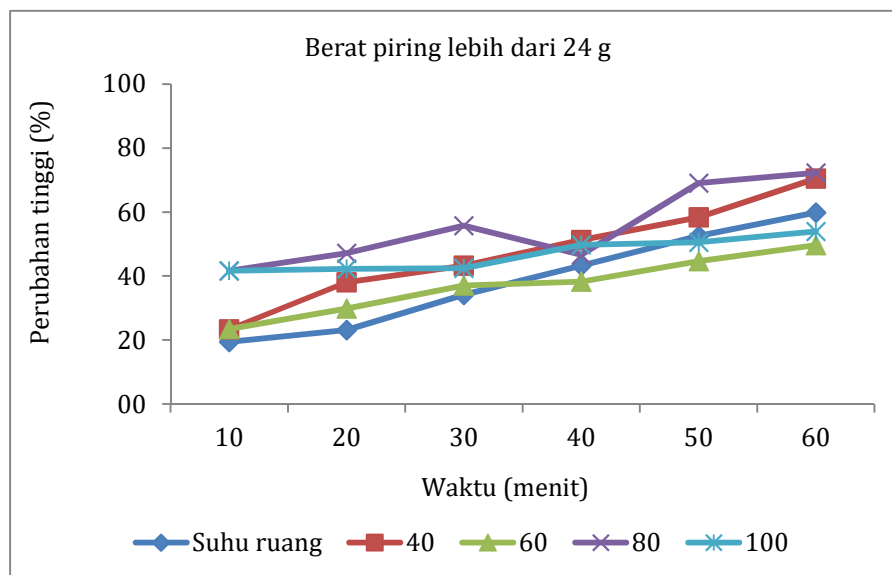
Perubahan dimensi tinggi piring pelepah pinang akibat perendaman air dengan beberapa perlakuan suhu dan waktu dapat dilihat pada Gambar 2. Analisis ragam menunjukkan bahwa klasifikasi piring berdasarkan berat, suhu air dan lama perendaman berpengaruh nyata terhadap perubahan dimensi tinggi piring pelepah pinang.



(a)



(b)



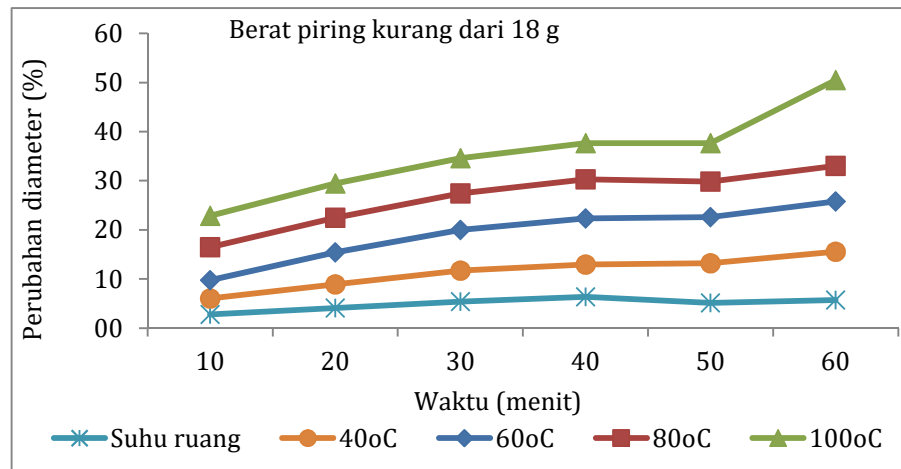
(c)

Gambar 2. Perubahan tinggi piring pelepah pinang pada beberapa perlakuan suhu air dan lama perendaman

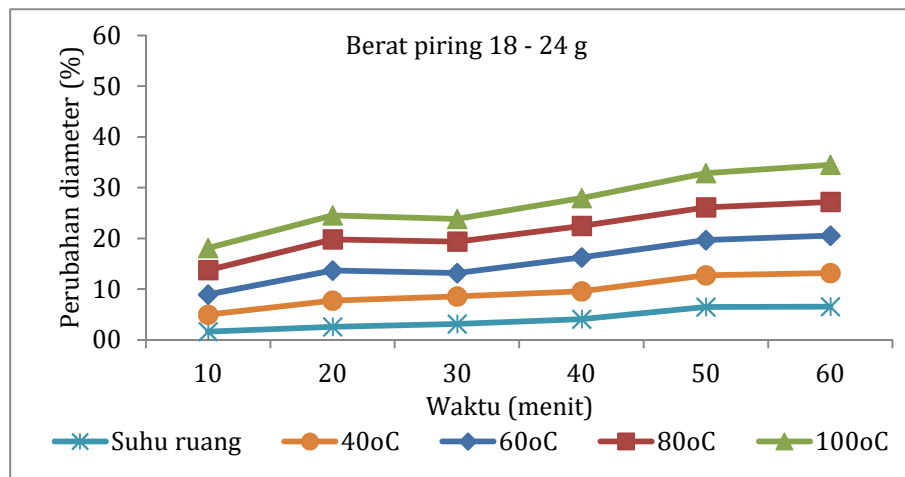
Berdasarkan uji Duncan, perubahan tinggi piring dengan berat 18 – 24 g dengan piring yang lebih dari 24 g tidak berbeda nyata dimana nilainya lebih rendah dibandingkan dengan piring yang beratnya kurang dari 18 g. Semakin ringan piring pelepah pinang pada bentuk dan ukuran luas yang sama maka semakin besar perubahan dimensi tinggi piring pelepah pinang akibat pemasukan air di atas permukaan piring.

Sedangkan pengaruh suhu air, yaitu semakin tinggi suhu air yang dimasukkan ke dalam piring dari suhu ruang sampai suhu 100°C maka semakin tinggi perubahan dimensi tinggi. Sedangkan waktu kontak piring dengan air yang semakin lama menyebabkan perubahan tinggi piring yang semakin besar. Waktu penyerapan air ke dalam serat dengan perubahan dimensi serat tidak berada pada skala yang sama dimana ada waktu tunggu (*delay time*) pengembangan serat setelah terjadi fenomena penyerapan air [12],

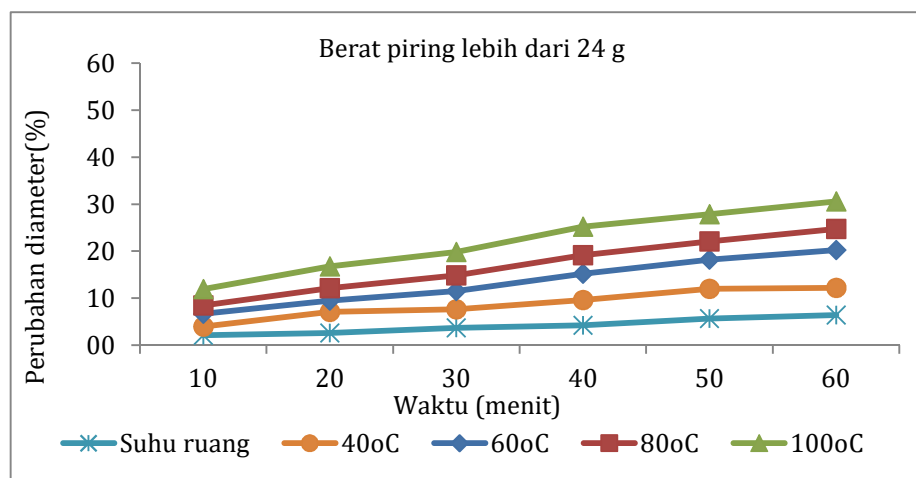
Perubahan dimensi diameter piring pelepah pinang pada beberapa perlakuan suhu air dan lama perendaman dapat dilihat pada Gambar 3. Perubahan dimensi tinggi piring pelepah pinang berkisar 0,41 – 34,68%.



(a)



(b)



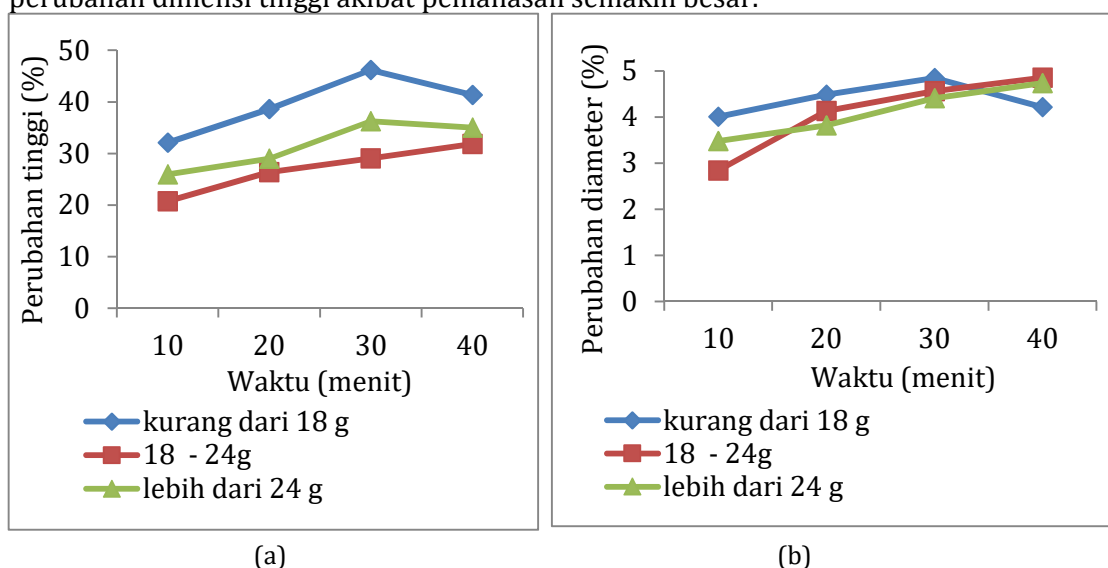
(c)

Gambar 3. Perubahan diameter piring pelepah pinang pada beberapa perlakuan suhu air dan lama perendaman

Analisis ragam menunjukkan bahwa klasifikasi piring berdasarkan berat, suhu air dan waktu aplikasi air pada piring berpengaruh nyata terhadap perubahan dimensi diameter. Semakin ringan piring pelepah pinang pada bentuk dan ukuran luas yang sama maka semakin besar perubahan dimensi diameter piring pelepah pinang akibat pemasukan air di atas piring. Semakin tinggi suhu air yang dimasukkan ke dalam piring maka semakin diameter perubahan dimensi tinggi. Sedangkan waktu kontak piring dengan air yang semakin lama menyebabkan perubahan diameter piring yang semakin besar. Hal ini disebabkan karena serat piring menyerap air sehingga piring menjadi berkurang keteguhan strukturnya ditambah dengan adanya beban yang diberikan oleh berat air yang dimasukkan ke atas permukaan piring. Di atas ambang batas RH (diatas 50 – 60%) atau 70%, air yang di dalam serat memutus ikatan hidrogen antara matrik struktur amorf dengan fraksi kristal serat sehingga menurunkan kekuatan tarik dari serat. Beberapa literatur juga menyebutkan bahwa peningkatan kadar air menyebabkan peningkatan pemanjangan serat karena air bertindak sebagai plastisizer dan softener pada struktur serat [11].

Tahap 4. Pengaruh pemanasan pada masing-masing klasifikasi piring pelepah pinang

Perubahan dimensi tinggi piring pelepah pinang akibat pemanasan di dalam oven suhu 100°C selama beberapa perlakuan waktu dapat dilihat pada Gambar 3a. Perubahan dimensi tinggi piring pelepah pinang akibat pemanasan berkisar 10,82 – 50,55%. Analisis ragam menunjukkan bahwa klasifikasi piring berdasarkan berat berpengaruh nyata terhadap perubahan dimensi tinggi sedangkan lama waktu pemanasan tidak berpengaruh nyata. Pada ukuran dan bentuk piring yang sama, semakin ringan piring pelepah pinang perubahan dimensi tinggi akibat pemanasan semakin besar.



Gambar 4. Perubahan dimensi tinggi (a) dan dimensi diameter (b) piring pelepah pinang akibat pemanasan

Perubahan dimensi diameter piring pelepah pinang akibat pemanasan di dalam oven suhu 100°C selama beberapa perlakuan waktu dapat dilihat pada Gambar 3b. Perubahan dimensi piring pelepah pinang akibat pemanasan berkisar 1,93 – 6,83%. Analisis ragam menunjukkan bahwa klasifikasi piring berdasarkan berat maupun lama waktu pemanasan tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan dimensi diameter. Selama pemanasan, serat kehilangan air sehingga serat mengalami penyusutan ke arah lebar serat (*transverse*) [11].

KESIMPULAN

Berat piring pelepah pinang (diameter atas 15,5 cm dan tinggi 2 cm) rata-rata 20,65 g, secara umum dapat diklasifikasikan berdasarkan berat yaitu kurang dari 18 g, 18 – 24 g dan lebih dari 24 g. Perbedaan berat piring pelepah pinang tidak berpengaruh terhadap perubahan kadar air piring pelepah pinang yang disimpan selama dua bulan tetapi penyimpanan piring pinang kondisi suhu ruang ($28 \pm 1^\circ\text{C}$) dan RH $78 \pm 2\%$ selama 2 bulan menyebabkan kenaikan kadar air piring pelepah pinang sebesar 2,30 hingga 4,86%. Penggunaan air dengan perlakuan suhu dan waktu yang berbeda menyebabkan perubahan dimensi tinggi dan diameter pada semua klasifikasi berat piring pelepah pinang. Pemanasan menggunakan oven suhu 100°C dengan beberapa perlakuan waktu hanya berpengaruh terhadap perubahan dimensi tinggi piring pelepah pinang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih disampaikan kepada Universitas Jambi atas bantuan dana penelitian program Penelitian Terapan tahun 2020. Penulis juga memberikan apresiasi kepada Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas atas penggunaan fasilitas laboratorium selama penelitian.

REFERENSI

- [1] Poddar P, Islam MS, Sultana S, Nur HP dan Chowdhury AMS. (2016). Mechanical and thermal properties of short arecanut leaf sheath fiber reinforced polypropylene composites: TGA, DSC and SEM analysis. *J Material Sci Eng*, 5: 270.
- [2] Kalita P, US Dixit, P Mahanta, UK Saha. (2008). A novel energy efficient machine for plate manufacturing from areca palm leaf sheath. *Journal of Scintific & Industrial Research*, 67: 807-811.
- [3] Mohanraj KS, Vijayakumar P, Senthilkumar R, Gokul-Karthik A. (2017). Design and analysis of semi automatic paper cum arecanut plate making machine. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(5): 3546-3550.
- [4] Nikhil R, Raahul N, Sateesh N, Shivpriyan M, Clein T, Tang A, Pramod R.(2018). Design and Development of Solar/LPG powered Areca-nut leaf Plate Press Machine and Areca Leaf Sheath-Solar dryer. *Materials Today*, 5: 24541-24547.
- [5] Hafids S, Yernisa. (2020). Pengembangan alat pencetak piring pelepah pinang (Areca catechu l.) dengan menggunakan metode quality function deployment. *JRPB*, 8(2):236-243.
- [6] Yernisa, Oktaria F dan Sari FP. (2019). Rekayasa proses pembuatan wadah sekali pakai (disposable plate) dari pelepah daun pinang. Laporan Penelitian. Universitas Jambi.
- [7] Shanks RAA. (2014). Chapter 2-Chemistry and Structure of Cellulosic Fibres as Reinforcements in Natural Fibre Composites, Sawston UK: Woodhead Publishing Limited.
- [8] Ahmad R, Hamid R, Osman SA.(2019). Physical and chemical modifications of plant fibres for reinforcement in cementitious composites. *Advances in Civil Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2019/5185806>.
- [9] Yernisa dan F Oktaria. (2019). Pemanfaatan pelepah pohon pinang menjadi wadah sekali pakai (disposable plate) sebagai alternatif wadah ramah lingkungan. Prosiding dalam Seminar Nasional Pembangunan Pertanian Berkelanjutan Berbasis Sumber Daya Lokal,Jambi. Indonesia. 09 Oktober 2019.

-
- [10] Dobrzański B. Rybczyński R.(2011). Physical properties of raw materials and agricultural products. Encyclopedia of Earth Sciences Series, 579–588. http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-3585-1_115.
- [11] Céline A. Fréour S. Jacquemin F.Casari P. (2014). Characterization and modeling of the moisture diffusion behaviour of natural fibres. J. Appl. Polym. Sci. 130:e297–306, doi 10.1002. 130, 297–306. <http://dx.doi.org/10.1002/0278-6133.24.2.225>
- [12] Lee, S. H., and Wang, S. (2006). Biodegradable polymers/bamboo fiber biocomposite with bio-based coupling agent. Compos Part A Appl Sci Manuf. 37: 80–91. doi: 10.1016/j.compositesa.2005.04.015 <http://dx.doi.org/10.1037/0278-6133.24.2.225>.
- [13] Xie Y. Hill CAS. Jalaludin Z. Curling SF. Anandjiwala RD. Norton AJ. (2011). The dynamic water vapour sorption behaviour of natural fibres and kinetic analysis using the parallel exponential kinetics model. J. Mater. Sci. 46:e479–489. <http://dx.doi.org/10.1007/10853-010-4935-0>.