

PREPARASI DAN KARAKTERISASI CARBON NANODOTS BERBAHAN DASAR LIMBAH KULIT JAGUNG SEBAGAI ZAT ADITIF PEMBUATAN *EDIBLE FILM*

PREPARATION AND CHARACTERIZATION CARBON NANODOTS MADE FROM CORN HUSK WASTE AS AN ADDITIVE FOR THE MANUFACTURE OF EDIBLE FILM

Syari Fatul Millah, Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

Wipsar Sunu Brams Dwandaru*, Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

*e-mail: wipsarian@uny.ac.id (corresponding author)

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik nanomaterial C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung uji spektrofotometer *ultraviolet-visible* (UV-Vis), *particle size analyzer* (PSA), *fourier transform infrared* (FTIR), *X-ray diffraction* (XRD), *scanning electron microscope-energy dispersive X-ray* (SEM-EDX), dan *photoluminescence* (PL), serta mengetahui pengaruh nanomaterial C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung sebagai zat aditif terhadap kualitas *edible film*. Penelitian ini dimulai dengan pembuatan sampel C-dots. Sampel C-dots dikarakterisasi berdasarkan spektrofotometer UV-Vis, PSA, FTIR, XRD, SEM-EDX, dan PL. Selanjutnya, sampel C-dots dilarutkan ke dalam bahan pembuatan *edible film* sebagai zat aditif dan dilakukan pengujian kualitas *edible film*. Karakterisasi sampel C-dots menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan puncak absorbansi pada panjang gelombang 270 nm dengan nilai absorbansi sebesar 3,046 a.u. Karakterisasi PSA menunjukkan ukuran partikel sebesar 281,4 nm. Karakterisasi FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi C=C. Karakterisasi XRD menunjukkan C-dots berstruktur amorf. Karakterisasi SEM-EDX menunjukkan morfologi kumpulan dari banyak partikel C-dots berbentuk persegi panjang dengan unsur karbon sebagai penyusun utama. Terakhir, karakterisasi PL menunjukkan adanya puncak intensitas emisi pada panjang gelombang 530 nm. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa penambahan C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung sebagai zat aditif berpengaruh terhadap kualitas *edible film* dimana nilai perpanjangan putus menunjukkan kestabilan, ketahanan terhadap air meningkat, dan dapat terurai seperempat bagian dalam waktu 25 hari.

Kata Kunci: *carbon nanodots, limbah kulit jagung, zat aditif, edible film.*

Abstract. This study aims to determine the characteristics of C-dots nanomaterials based on corn husk waste based on ultraviolet-visible spectrophotometer (UV-Vis) test, particle size analyzer (PSA), fourier transform infrared (FTIR), X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscope-energy dispersive X-ray (SEM-EDX), and photoluminescence (PL), and to determine the effect of C-dots nanomaterials based on corn husk waste as an additive to edible film quality. This research began with the preparation of C-dots samples. C-dots samples were characterized based on UV-Vis spectrophotometer, PSA, FTIR, XRD, SEM-EDX, and PL. Furthermore, C-dots samples were dissolved into edible film making materials as additives and edible film quality testing was carried out. Characterization of the C-dots sample using a UV-Vis spectrophotometer showed an absorbance peak at a wavelength of 270 nm with an

absorbance value of 3.046 a.u. PSA characterization showed a particle size of 281.4 nm. FTIR characterization showed the presence of C=C functional group. XRD characterization showed amorphous structure of C-dots. SEM-EDX characterization shows the morphology of a collection of many rectangular-shaped C-dots particles with the element carbon as the main constituent. Finally, PL characterization shows the peak emission intensity at a wavelength of 530 nm. The results showed that the addition of C-dots made from corn husk waste as an additive affects the quality of edible film where the value of elongation at break shows stability, increased water resistance, and can be decomposed by a quarter within 25 days.

Kata Kunci: carbon nanodots, corn husk waste, additive, edible film.

PENDAHULUAN

Pada tahun 2020, Indonesia menjadi negara penghasil sampah terbesar ke-5 di Asia Tenggara (Ahdiat, 2023). Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), total jumlah sampah nasional sebanyak 68,5 juta ton, dimana 11,6 juta tonnya adalah sampah plastik pada tahun 2021. Diperkirakan sekitar 36% plastik yang diproduksi digunakan untuk kemasan, termasuk penggunaan kemasan makanan plastik sekali pakai (Dlhkmamuju, 2023). Penggunaan plastik sebagai bahan pengemas selain dapat mencemari lingkungan karena sulit terurai juga dapat berbahaya bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu dibutuhkan alternatif bahan pengemas yang ramah lingkungan, *biodegradable*, dan dapat dikonsumsi karena terbuat dari bahan-bahan pangan alami yang dikenal dengan *edible film*. Namun, *edible film* berbahan dasar pati mempunyai kelemahan seperti mudah sobek dan mempunyai elastisitas yang rendah (Ramdhani dkk, 2023).

Indonesia adalah negara penghasil jagung terbesar di Asia Tenggara. Mengutip Rilis Statistik ASEAN 2021, produksi jagung Tanah Air mencapai 24,05 juta ton pada tahun 2020 (Dihni, 2022). Tanaman jagung menghasilkan limbah berupa kulit jagung alami dalam jumlah yang cukup besar sehingga menimbulkan permasalahan meningkatnya sampah organik di Indonesia (Darmayanti dalam Nelson, 2023). Oleh karena itu, perlu adanya inovasi dalam pemanfaatan limbah kulit jagung untuk meminimalisir dampak negatif yang ditimbulkan dari limbah tersebut (Utama, 2019). Limbah kulit jagung dapat dimaksimalkan potensinya menjadi sesuatu yang berguna salah satunya yaitu dimanfaatkan menjadi *carbon nanodots* (C-dots). Kulit jagung mengandung 15% senyawa karbon yaitu lignin. Jika karbonasi dilakukan maka akan dihasilkan C-dots (Ardiani, 2018).

C-dots merupakan nanomaterial karbon dengan ukuran kurang dari 10 nm, memiliki sifat fluoresen dan dapat disintesis dari berbagai sumber karbon (A'yun, 2018). C-dots memiliki beberapa keunggulan, seperti fotoluminesensi yang kuat, toksitas yang rendah, bahan baku yang melimpah di alam, kemudahan dalam pembuatan, dan biokompatibilitas. C-dots memiliki banyak aplikasi seperti *bioimaging*, biosensor, *nanocarrier* untuk penghantaran obat, diagnostik medis, deteksi analit, sensor optik dan elektrokimia, fotokatalis dan lain sebagainya.

Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis tertarik untuk melakukan preparasi dan karakterisasi material C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung sebagai zat aditif pembuatan *edible film*. Material C-dots yang terbentuk kemudian dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, PSA, FTIR, XRD, SEM-EDX, dan PL. Selanjutnya, dilakukan pembuatan *Edible film* dengan penambahan C-dots sebagai zat aditif. *Edible film* yang dihasilkan akan diuji kualitas sifat mekanisnya (kuat tarik, perpanjangan putus, dan modulus elastisitas), kualitas ketahanan air, dan tingkat biodegradabilitasnya.

METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2023 hingga Desember 2023. Penelitian dilakukan di Laboratorium Nanomaterial Lantai 2 Departemen Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Variabel bebas penelitian ini adalah volume C-dots pada pembuatan edible film. Variabel terikat penelitian ini adalah kuat tarik, perpanjangan putus, modulus elastisitas, ketahanan air, dan tingkat kerusakan (biodegradabilitas) edible film. Variabel control penelitian ini adalah suhu pemanasan oven, volume akuades sebagai bahan pelarut, komposisi bahan pembuatan edible film.

Penelitian ini diawali dengan preparasi C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung. Limbah kulit jagung yang telah disiapkan di potong kecil dan selanjutnya dilakukan proses karbonasi dengan metode pemanasan oven. Hasil dari proses karbonasi ditumbuk menggunakan mortar. Sebanyak 26,8 gram hasil tumbukan dilarutkan ke dalam 1000 ml akuades dan dilakukan ultrasonikasi cairan sampel selama 10 menit sebanyak 6 kali. Hasil ultrasonikasi selanjutnya difiltrasi menggunakan kertas saring sebanyak 2 kali. Hasil filtrasi dipanaskan menggunakan microwave sebanyak 5 ml setiap 10 menit hingga cairan sampel habis dan menjadi serbuk C-dots. Sebanyak 4,5 gram serbuk C-dots dilarutkan ke dalam 10 ml akuades sebagai *stock solution* C-dots.

Hasil C-dots dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PSA, FTIR, XRD, SEM-EDX, dan PL. Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis berfungsi untuk mengetahui puncak absorbansi sampel C-dots pada panjang gelombang tertentu. Karakterisasi PSA berfungsi untuk mengetahui ukuran dan distribusi sampel C-dots. Karakterisasi FTIR berfungsi untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung pada sampel C-dots. Karakterisasi XRD berfungsi untuk menentukan struktur kristal dan parameter kisi pada sampel C-dots. Karakterisasi SEM-EDX berfungsi untuk mengetahui morfologi permukaan dan kandungan unsur pada sampel C-dots. Karakterisasi PL berfungsi untuk mengetahui panjang gelombang emisi pada sampel C-dots.

Tahap selanjutnya berupa pembuatan zat aditif sebanyak 4 sampel berupa satu sampel C-dots penuh dan tiga sampel variasi konsentrasi larutan C-dots. Variasi konsentrasi larutan C-dots secara berturut-turut adalah 0 g/ml, 1 g/ml, 3 g/ml, dan 5 g/ml. Setelah pembuatan zat aditif dilanjutkan pembuatan *edible film* dengan bahan dasar variasi zat aditif konsentrasi larutan C-dots, akuades, tepung maizena, CMC, dan gliserin. *Edible film* yang dihasilkan kemudian diuji kualitas sifat mekanisnya (kuat tarik, perpanjangan putus, dan modulus elastisitas), kualitas ketahanan air, dan tingkat biodegradabilitasnya. Pengujian kualitas sifat mekanis dilakukan dengan menarik spesimen *edible film* menggunakan *tensile strain tester* tensilon RTF-2350. Pengujian kualitas ketahanan air dilakukan dengan merendam *edible film* selama 10 detik lalu mencatat berat *edible film* sebelum dan setelah perendaman. Pengujian tingkat biodegradabilitas dilakukan dengan menimbun *edible film* di dalam tanah dengan kedalaman 10 cm dalam waktu 25 hari. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh C-dots sebagai zat aditif terhadap nilai kuat tarik, perpanjangan putus, modulus elastisitas, ketahanan air, dan tingkat biodegradabilitas pada setiap variasi *edible film*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik nanomaterial C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung. Serta mengetahui pengaruh nanomaterial C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung sebagai zat aditif terhadap kualitas sifat mekanis (kuat tarik, perpanjangan putus, dan modulus elastisitas), kualitas ketahanan air, dan tingkat biodegradabilitas *edible film*. Preparasi C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung dilakukan dengan metode pemanasan oven.

Hasil sintesis C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung menggunakan metode pemanasan oven berwujud serbuk. Serbuk tersebut memiliki penampakan warna sampel kuning kecoklatan ketika dilarutkan dengan 10 ml akuades seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Preparasi C-dots Berbahan Dasar Limbah Kulit Jagung.

Larutan ini akan digunakan sebagai *stock solution* yang divariasikan dengan akuades sebagai zat aditif pembuatan *edible film*. Pada penelitian ini digunakan 4 variasi konsentrasi C-dots yaitu 0 g/ml, 1 g/ml, 3 g/ml, dan 5 g/ml. Larutan dengan volume C-dots lebih banyak akan mempunyai warna yang lebih pekat dibandingkan larutan dengan volume C-dots lebih sedikit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Variasi Konsentrasi C-dots.

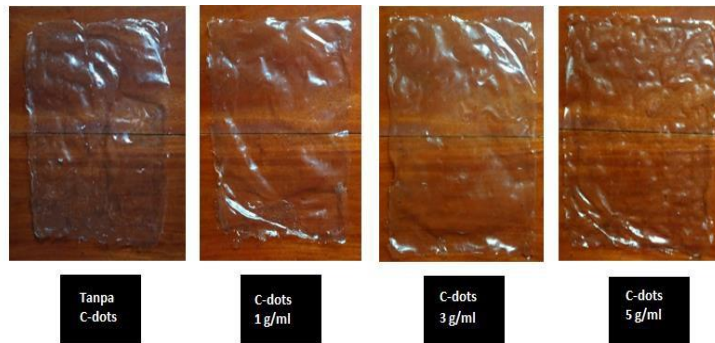
Dapat dilihat dari Gambar 2 bahwa konsentrasi C-dots sebesar 0 gr/ml berwarna bening, konsentrasi C-dots sebesar 1 g/ml berwarna kuning, konsentrasi C-dots sebesar 3 g/ml berwarna kuning kecoklatan yang bening, dan konsentrasi C-dots sebesar 5 g/ml berwarna kuning kecoklatan yang pekat.

Salah satu pengujian sederhana yang dapat dilakukan untuk mengetahui keberhasilan dalam melakukan preparasi C-dots adalah pengujian penembakan laser UV pada larutan C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung. larutan yang mengandung C-dots akan berpendar menjadi warna cyan atau biru kehijauan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pendaran dari Sampel C-dots.

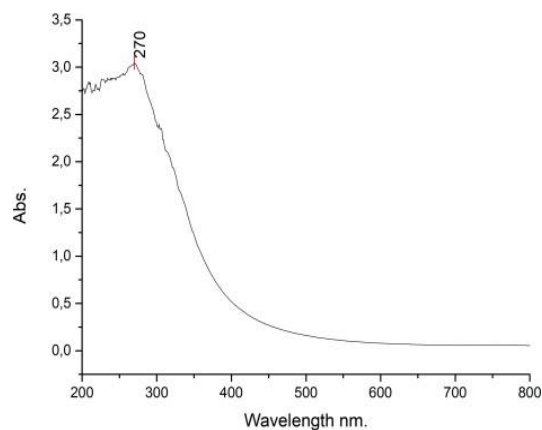
Preparasi *edible film* dilakukan dengan menambahkan cairan variasi konsentrasi C-dots pada bahan pembuatan *edible film* yaitu tepung maizena, CMC, dan gliserin. Hasil preparasi *edible film* berupa lembaran tipis berbentuk persegi panjang dengan ukuran 22,5 x 17 cm². Pada penelitian ini dibuat 4 *edible film* dengan variasi konsentrasi C-dots yang berbeda yaitu 0 g/ml, 1 g/ml, 3 g/ml, dan 5 g/ml. *Edible film* dengan konsentrasi C-dots lebih banyak mempunyai warna yang lebih kuning kecoklatan dibandingkan *edible film* dengan konsentrasi C-dots lebih sedikit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Preparasi Edible Film.

Dapat dilihat dari Gambar 4 bahwa edible film dengan konsentrasi C-dots sebesar 0 g/ml berwarna putih mempunyai sifat lunak dan rapuh. *Edible film* dengan konsentrasi C-dots sebesar 1 g/ml berwarna bening mempunyai sifat lunak dan cenderung kokoh. *Edible film* dengan konsentrasi C-dots sebesar 3 g/ml berwarna bening menuju kuning kecoklatan mempunyai sifat lunak, berminyak, dan kokoh. *Edible film* dengan konsentrasi C-dots sebesar 5 g/ml berwarna kuning kecoklatan mempunyai sifat lunak, terasa lebih tebal, dan kokoh.

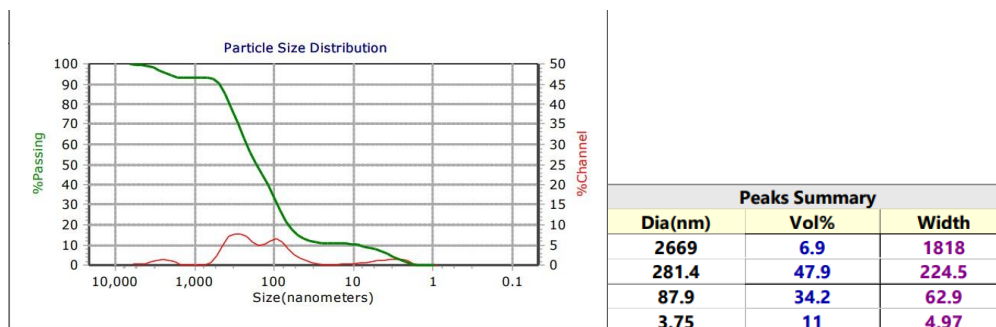
Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis berfungsi untuk mengetahui pola absorbansi sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung pada panjang gelombang tertentu. Pengujian dilakukan pada interval panjang gelombang 200 - 800 nm. Hasil karakterisasi spektrofotometer UV-Vis berupa grafik yang menunjukkan hubungan panjang gelombang dengan absorbansinya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hasil Uji UV-Vis C-dots Berbahan Dasar Limbah Kulit Jagung.

Berdasarkan Gambar 5, sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung menunjukkan adanya satu puncak absorbansi pada daerah UV. Puncak absorbansi tersebut berada pada panjang gelombang 270 nm dengan absorbansi sebesar 3,046.

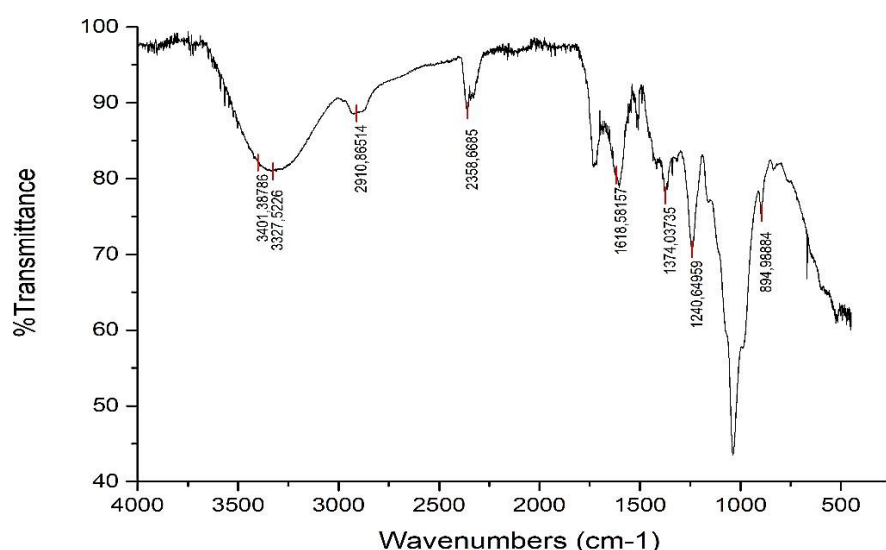
Karakterisasi PSA berfungsi untuk mengetahui ukuran dan distribusi sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung. Karakteristik yang didapatkan berupa data distribusi ukuran partikel dengan besar 0,02 - 2000 nm. Hasil karakterisasi PSA berupa grafik dan data distribusi ukuran partikel C-dots dalam ukuran nanometer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hasil Uji PSA dan Distribusi Ukuran C-dots Berbahan Dasar Limbah Kulit Jagung.

Berdasarkan Gambar 6, ditunjukkan distribusi ukuran sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung yang ditandai dengan adanya 4 distribusi ukuran C-dots yang paling dominan yaitu ukuran C-dots sebesar 2669 nm sebanyak 6,9%, ukuran C-dots sebesar 281,4 nm sebanyak 47,9%, ukuran C-dots sebesar 87,9 nm sebanyak 34,2%, dan ukuran C-dots sebesar 3,75 nm sebanyak 11%. Dapat disimpulkan bahwa sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung menunjukkan distribusi tertinggi pada ukuran 281,4 nm. Sehingga hasil karakterisasi PSA menunjukkan sebagian besar ukuran sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung berada pada ukuran 281,4 nm.

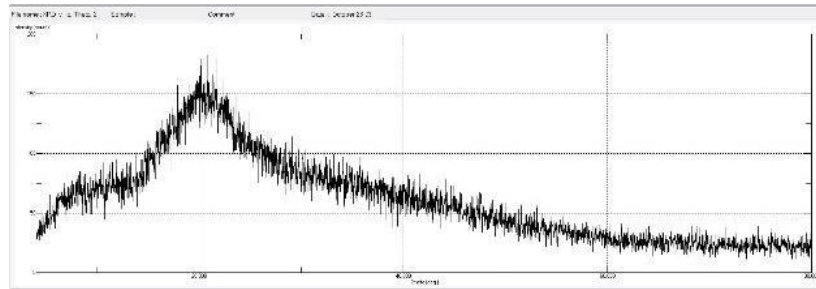
Karakterisasi FTIR berfungsi untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dalam sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung. Pengujian dilakukan pada interval bilangan gelombang 450 - 4000 cm^{-1} . Hasil karakterisasi FTIR berupa grafik yang menunjukkan hubungan bilangan gelombang dengan %transmitansinya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hasil Uji FTIR C-dots Berbahan Dasar Limbah Kulit Jagung.

Berdasarkan Gambar 7, gugus fungsi yang terbentuk dalam sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung yaitu gugus fungsi O - H yang memiliki bilangan gelombang 3401,39 cm^{-1} dan 3327,52 cm^{-1} , gugus fungsi C - H yang memiliki bilangan gelombang 2910,86 cm^{-1} , 1374,04 cm^{-1} , dan 894,99 cm^{-1} , gugus fungsi O = C = O (CO_2) yang memiliki bilangan gelombang 2358,67 cm^{-1} , gugus fungsi C = C yang memiliki bilangan gelombang 1618,58 cm^{-1} , gugus fungsi C - O yang memiliki bilangan gelombang 1240,65 cm^{-1} .

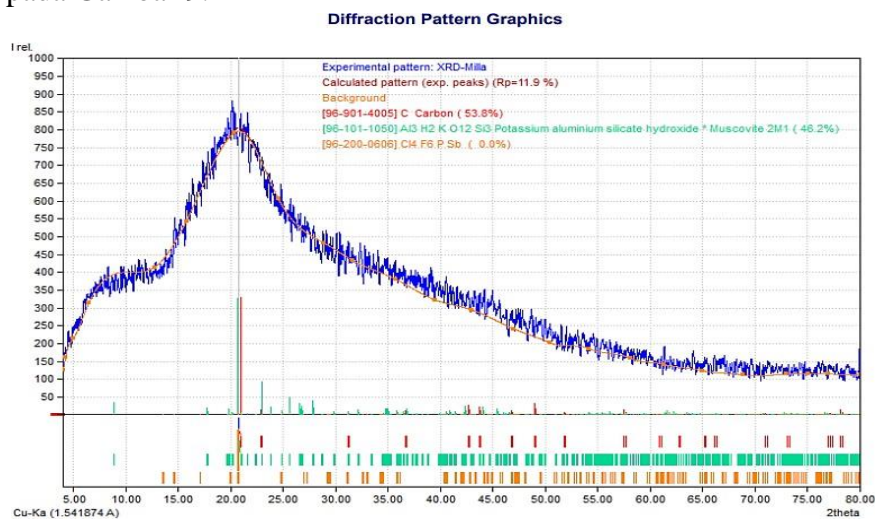
Karakterisasi XRD berfungsi untuk menentukan struktur kristal dan parameter kisi dalam sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung. Pengujian dilakukan menggunakan sumber Cu dengan panjang gelombang 1,54060 Å pada rentang sudut difraksi (2θ) dari 2° - 80° . Hasil pengujian XRD berupa grafik yang menunjukkan hubungan antara sudut difraksi (2θ) dengan intensitasnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hasil Uji XRD C-dots Berbahan Dasar Limbah Kulit Jagung.

Berdasarkan Gambar 8, pola difraksi yang terbentuk dalam sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung menunjukkan pola yang melebar pada 2θ dari 2° - 80° dengan puncak melebar pada 2θ dari 10° - 35° . Berdasarkan pola difraksi yang terbentuk, tidak ditemukan puncak-puncak yang tajam. Oleh karena itu, hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung mempunyai struktur amorf.

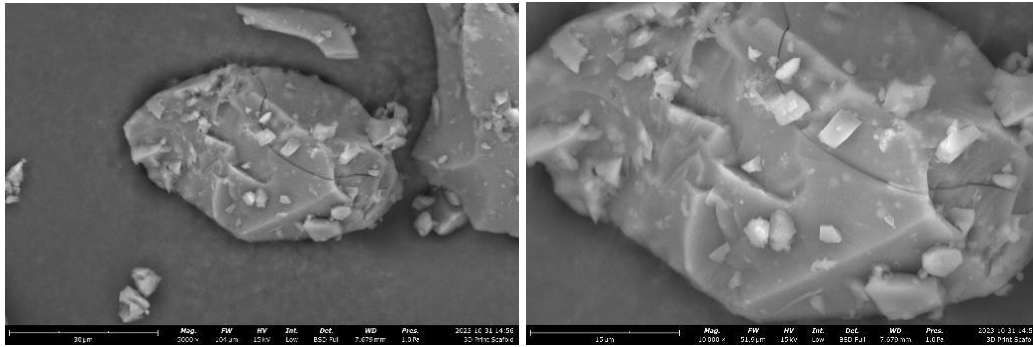
Hasil karakterisasi XRD dapat dianalisis menggunakan *software* Match untuk mengetahui perkiraan jarak antar atom dan kandungan pada sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung. Hasil analisis karakterisasi XRD menggunakan *software* Match ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Pengolahan Match pada Sampel C-dots.

Berdasarkan Gambar 9, dapat diketahui bahwa kandungan yang terdapat pada sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung yaitu C (Carbon) sebanyak 53,8% dan $\text{Al}_3\text{H}_2\text{KO}_{12}\text{Si}_3$ (potassium aluminium silicate hydroxide muscovite) sebanyak 46,2%.

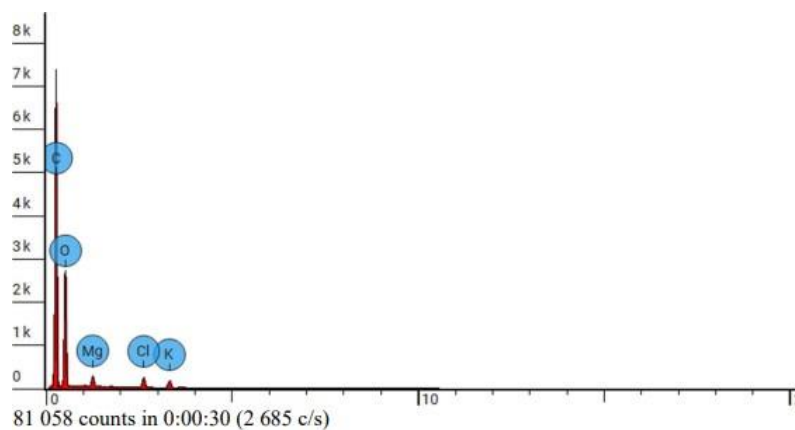
Karakterisasi SEM-EDX berfungsi untuk mengetahui morfologi permukaan dan kandungan unsur pada sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung. Hasil karakterisasi SEM-EDX berupa gambar struktur morfologi dan komposisi penyusunnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Uji SEM-EDX pada Sampel C-dots dengan Perbesaran 5000x dan 10000x.

Gambar diatas merupakan morfologi permukaan sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung pada perbesaran 5000x dan 10000x. Permukaan sampel terlihat seperti butiran berbentuk persegi panjang dengan ukuran yang tidak merata. Butiran tersebut ketika semakin diperbesar terlihat seperti gumpalan yang menyatu.

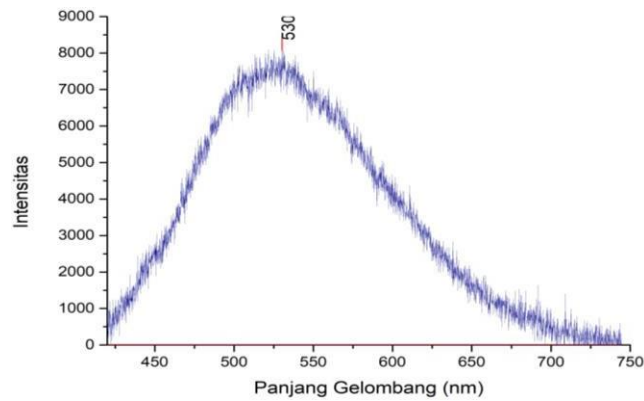
Hasil karakterisasi EDX sebagai fitur yang sudah terintegrasi dengan SEM juga dilakukan pada sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
6	C	Carbon	66.112	57.758
8	O	Oxygen	31.736	36.937
12	Mg	Magnesium	0.566	1.001
17	Cl	Chlorine	0.776	2.002
19	K	Potassium	0.809	2.302

Gambar 11. Grafik dan Kandungan Unsur Uji SEM-EDX pada Sampel C-dots.

Karakterisasi PL berfungsi untuk untuk mengetahui panjang gelombang emisi pada sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung. Pengujian dilakukan dengan menggunakan laser pada panjang gelombang 405 nm. Hasil karakterisasi PL berupa grafik yang menunjukkan hubungan panjang gelombang dengan intensitasnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



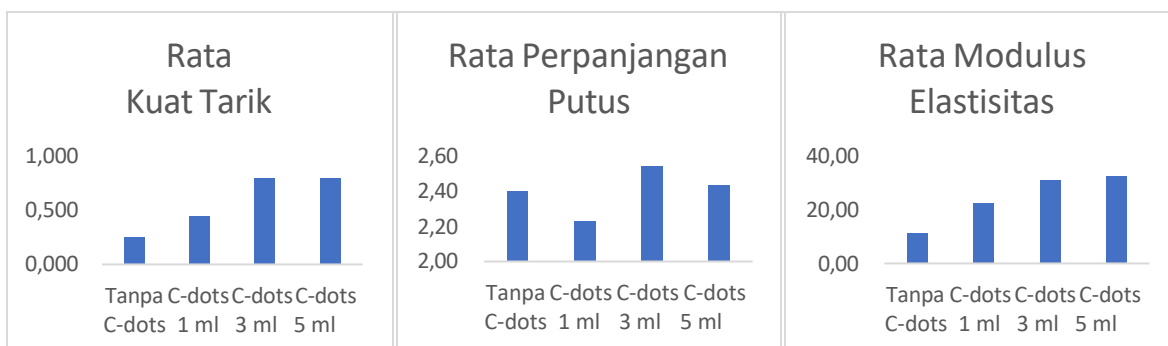
Gambar 12. Grafik Hasil PL C-dots Berbahan Dasar Limbah Kulit Jagung.

Berdasarkan Gambar 12, dapat dilihat bahwa sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung memiliki puncak pada panjang gelombang 530 nm.

C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung yang digunakan sebagai zat aditif pembuatan *edible film* diharapkan dapat meningkatkan kualitas *edible film* seperti sifat mekanis, ketahanan air, dan tingkat biodegradabilitasnya. Sifat mekanis *edible film* yang akan dianalisis yaitu kuat tarik, perpanjangan putus, dan modulus elastisitas *edible film* dengan penambahan C-dots sebagai zat aditif dengan variasi C-dots 0, 1, 3, dan 5 ml. Hasil analisis data uji kualitas sifat mekanis pada *edible film* ditunjukkan pada Tabel 1. Sedangkan, grafik kualitas sifat mekanis *edible film* ditunjukkan pada Gambar 13.

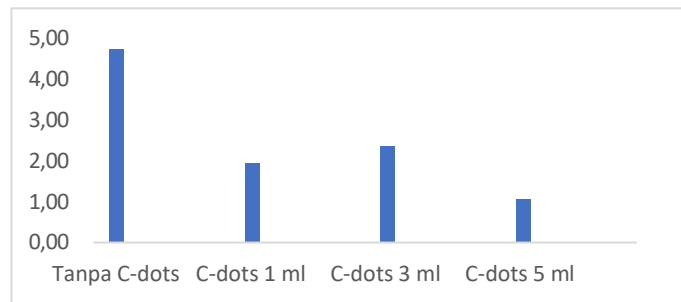
Tabel 1. Hasil Analisis Data Uji Kualitas Sifat Mekanis Edible Film.

Variasi	Rata-rata Kuat Terik	Rata-rata Perpanjangan Putus	Rata-rata Modulus Elastisitas
Tanpa C-dots	0,252	2,40	11,40
C-dots 1 ml	0,450	2,23	22,53
C-dots 3 ml	0,799	2,54	31,12
C-dots 5 ml	0,795	2,44	32,39



Gambar 13. Grafik Rata Kuat Tarik, Perpanjangan Putus, dan Modulus Elastisitas Edible Film.

Kualitas ketahanan air pada *edible film* dilakukan dengan mengetahui berat *edible film* sebelum perendaman dan setelah perendaman pada variasi C-dots 0, 1, 3, dan 5 ml. Grafik rata-rata uji kualitas ketahanan air pada *edible film* ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Rata-rata Ketahanan Air Edible Film.

Kualitas tingkat biodegradabilitas dilakukan dengan menimbun *edible film* di dalam tanah dengan kedalaman 10 cm dalam waktu 25 hari lalu melihat penguraian yang terjadi pada *edible film*. Hasil tingkat biodegradabilitas 4 variasi *edible film* ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Hasil Biodegradabilitas Edible film untuk (a) Tanpa C-dots; (b) C-dots 1 ml, (c) C-dots 3 ml, dan (d) C-dots 5 ml.

Pembahasan

Hasil preparasi larutan C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung memiliki kesesuaian dengan hasil preparasi C-dots berbahan dasar limbah kulit lainnya. Penelitian yang dilakukan Purnamasari (2019) menunjukkan bahwa penampakan warna preparasi C-dots limbah kulit nanas berwarna bening hingga kuning kecoklatan tergantung konsentrasi C-dots yang terkandung dalam larutan dimana semakin tinggi konsentrasi C-dots maka semakin pekat larutan yang dihasilkan. C-dots memiliki sifat dapat mengemisikan cahaya apabila dikenai laser UV. Warna cyan atau biru kehijauan dipengaruhi oleh lebar celah pita C-dots (Triwardiati dan Ermawati dalam Alwaasith, 2022).

Hasil panjang gelombang pada karakterisasi spektrofotometer UV-Vis telah sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Soni dan Maria dalam Agustin (2019) yang menunjukkan bahwa C-dots yang disintesis dengan metode fisika dan kimia akan menunjukkan satu atau dua puncak absorbansi pada interval panjang gelombang 260 – 360 nm. Berdasarkan spektrum UV-Vis, puncak absorbansi pada grafik di atas menunjukkan inti (*core*) C-dots. Transisi elektron yang terjadi pada inti (*core*) C-dots adalah $\pi \rightarrow \pi^*$ yang mengindikasikan adanya ikatan C = C.

Menurut A'yun (2018), C-dots berukuran kurang dari 10 nm. Namun hasil dari karakterisasi PSA menunjukkan hanya 11% C-dots yang berukuran di bawah 10 nm, 89% lainnya berukuran sangat besar di atas 10 nm. Hal ini mungkin disebabkan karena C-dots dipreparasi menggunakan metode pemanasan oven, sehingga unsur-unsur lain selain karbon masih tersisa karena belum mencapai titik didihnya. Hasil pemanasan oven masih perlu disempurnakan menggunakan metode preparasi lain agar hasil preparasi hanya menghasilkan unsur karbon sehingga dapat dihasilkan ukuran C-dots yang sesuai dengan tinjauan literatur yang sudah ada.

Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung mengandung gugus fungsi O - H, C - H, CO₂, C = C, dan C - O. Adanya gugus fungsi C = C merupakan inti (*core*) pada C-dots sedangkan gugus fungsi O - H, C - H, CO₂, dan C - O

merupakan bagian permukaan (*surface state*) pada C-dots. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Septiyani (2019) yang menyatakan bahwa sampel C-dots berbahan dasar daun kayu putih terdapat gugus fungsi O - H, C - H, CO₂, C = C, dan C - O.

Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung mempunyai struktur amorf. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Fadli (2018) yang menyatakan bahwa sampel yang telah disintesis berstruktur amorf dikarenakan hasil difraktogram tidak memiliki puncak yang khas pada sudut tertentu. Oleh karena itu, parameter kisi dan jarak antar atom tidak dapat ditentukan menggunakan *software Match*.

Hasil karakterisasi menggunakan SEM menunjukkan bahwa morfologi tersebut bukan merupakan partikel C-dots melainkan kumpulan dari banyak partikel C-dots, namun tetap mengindikasikan terbentuknya partikel C-dots. Hal tersebut diungkapkan oleh Zhang, et al dalam sartini (2019) bahwa setiap bongkahan kristalin berukuran 800 - 900 nm yang diuji menggunakan SEM mengandung banyak C-dots setelah diuji menggunakan HRTEM. Berdasarkan hasil EDX, unsur karbon merupakan penyusun utama bahan dan oksigen merupakan bentuk oksida di dalam bahan. Unsur karbon tersebut yang menandakan bahwa sampel yang diuji merupakan C-dots.

Hasil karakterisasi PL menunjukkan kesesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh Agustin (2019) yang menyatakan bahwa sampel limbah kulit mangga memiliki puncak pada rentang panjang gelombang 450 – 570 nm yang menghasilkan pendaran warna hijau.

Hasil uji kualitas sifat mekanis pada *edible film* menunjukkan bahwa C-dots dapat meningkatkan kuat tarik pada *edible film* dimana kekuatan tarik tertinggi berada pada konsentrasi C-dots 3 g/ml. Hasil penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa semakin tinggi nilai kuat tarik maka nilai perpanjangan putus semakin rendah. Pada penelitian ini didapatkan bahwa C-dots dapat mempertahankan kestabilan perpanjangan putus *edible film* sehingga didapatkan *edible film* yang memiliki nilai kuat tarik tinggi dengan nilai perpanjangan putus yang stabil. Nilai perpanjangan putus tertinggi berada pada konsentrasi C-dots 3 g/ml. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Susilowati dan Lestari (2019) yang menyatakan bahwa nilai perpanjangan putus berbanding lurus dengan penambahan kitosan sehingga meningkatkan kuat tarik sekaligus perpanjangan putus pada *edible film* kitosan pati biji alpukat. Selain itu C-dots dapat menekan peningkatan nilai modulus elastisitas dikarenakan nilai perpanjangan putus yang tetap stabil. Nilai modulus elastisitas yang semakin kecil menunjukkan semakin elastis suatu bahan. Dalam hal ini, diperoleh *edible film* yang kurang elastis namun tidak sekaku edible film tanpa C-dots.

Hasil uji kualitas ketahanan air menunjukkan bahwa C-dots dapat meningkatkan ketahanan air pada *edible film* dimana ketahanan air tertinggi berada pada konsentrasi C-dots 5 g/ml. Hal ini disebabkan persentase air yang diserap oleh edible film dengan C-dots 5 ml bernilai paling kecil sebesar 1,06%. Edible film dengan konsentrasi C-dots lebih banyak mempunyai ketahanan yang lebih tinggi terhadap terjadinya kerusakan setelah terkena air dibandingkan edible film dengan konsentrasi C-dots lebih sedikit. Hal ini dikarenakan pada sampel C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung mengandung gugus fungsi nanoselulosa. Hal ini dijelaskan dalam penelitian yang dilakukan oleh Sijabat et al., (2017) dimana penambahan nanoselulosa memperpanjang waktu yang dibutuhkan air untuk menyerap seluruhnya pada lembaran kertas yang dibuatnya. Hasil tersebut juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sunardi dan Maulana (2021) yang menyatakan bahwa penambahan nanoselulosa pada *edible film* membuat jumlah air yang diserap pada *edible film* semakin kecil sehingga ketahanan terhadap air semakin tinggi.

Hasil tingkat biodegradabilitas *edible film* menunjukkan bahwa *edible film* yang ditumbun di dalam tanah selama 25 hari mengalami perubahan warna menjadi hitam. Hal ini disebabkan *edible film* telah menyatu dengan tanah. Perubahan tekstur yang terjadi pada edible film diantaranya menjadi sangat rapuh, kering, dan sebagian besar tepi edible film telah hilang. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sebagian besar *edible film* telah terurai seperempat bagian dalam waktu 25 hari. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Polman dalam Zulmanwardi dan Sofia (2021) yang menyatakan bahwa plastik *biodegradable* yang berbahan dasar pati akan terurai sempurna dalam waktu 5 atau 7 minggu bahkan 3 - 6 bulan tergantung pada bahan penguat yang digunakan.

SIMPULAN

Karakterisasi C-dots limbah kulit jagung menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan puncak absorpsi pada panjang gelombang 270 nm dengan nilai absorpsi sebesar 3,046 a.u, karakterisasi PSA menunjukkan ukuran partikel sebesar 281,4 nm, karakterisasi FTIR menunjukkan adanya gugus-gugus fungsi C=C, karakterisasi XRD menunjukkan struktur amorf, karakterisasi SEM-EDX menunjukkan morfologi kumpulan dari banyak partikel C-dots berbentuk persegi panjang dengan unsur karbon sebagai penyusun utama, dan karakterisasi PL menunjukkan adanya puncak intensitas emisi panjang gelombang 530 nm yang menunjukkan adanya pendaran warna hijau. Penambahan C-dots berbahan dasar limbah kulit jagung sebagai zat aditif pembuatan *edible film* berpengaruh terhadap tingkat kualitas *edible film*. Pada sifat mekanis *edible film* menunjukkan nilai kuat tarik meningkat, perpanjangan putus menunjukkan stabilitas dan nilai modulus elastisitas dapat ditekan peningkatannya dikarenakan nilai perpanjangan putus yang tetap stabil. Pada kualitas ketahanan air *edible film* menunjukkan nilai ketahanan air meningkat. Pada tingkat biodegradabilitas *edible film* menunjukkan sebagian besar dapat terurai seperempat bagian dalam waktu 25 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tugas akhir skripsi ini dapat diselesaikan tidak lepas dari bantuan dan kerjasama dengan pihak lain. Berkenaan dengan hal tersebut, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada : Wipar Sunu Brams D., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing, dosen penguji I, dosen penguji 2, dan dari berbagai pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Mela and Dwandaru, WS. Brams. (2019). Pemanfaatan Nanomaterial *Carbon Nanodots* Berbahan Dasar Limbah Kulit Mangga sebagai Absorben Co₂ pada Pemurnian Biogas. S1 thesis, FMIPA.
- Ahdiat, A. (2023). 10 Negara Penghasil Sampah Terbesar di Dunia. diunduh 20 Februari 2024 <https://databoks.katadata.co.id>.
- Ardiani, F. (2018). Pengaruh Berat Karbon Aktif Kulit Jagung Terhadap Penurunan COD (Chemical Oxygen Demand) Limbah Cair Industri Batik (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Semarang).
- Alwaasith, G. R., & Dwandaru, W. S. B. (2022). Sintesis dan Karakterisasi *Carbon Nanodots* Berbahan Dasar Limbah Daun Kering sebagai Zat Aditif pada Cat Tembok. S1 thesis, FMIPA.
- A'yun, A. Q., Isnaeni, I., Tahir, D., Ramlan, N. M., & Putri, R. H. (2018, May). Perbandingan sifat optik Karbon Dots (C-Dots) dari daun mangga kering dan segar. In Quantum: Seminar Nasional Fisika, dan Pendidikan Fisika (pp. 626- 631).
- Dihni, V. A. (2022). Produksi Jagung Indonesia Terbesar di ASEAN pada 2020. diunduh 20 Februari 2024 <https://databoks.katadata.co.id>.
- Dlhkmamuju. (2023). Hal yang Perlu Diketahui tentang Polusi Plastik. diunduh 20 Februari 2024 <https://dlhk.mamujukab.go.id>.

- Fadli, Afrizal Lathiful and Dwandaru, WS. Brams. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Nanomaterial Carbon-Dot, Carbon-Dot/Sulfur, dan CarbonDot/Silver Nanoparticle Berbahan Dasar Buah Namnam (*Cynometra Cauliflora L*) dengan Metode Penggorengan Berbasis Minyak. S1 thesis, FMIPA.
- Nelson, A., Antony, A., Jolin, J., Lilis, L., Shelvina, S., & Sihombing, M. (2023). Pengembangan Limbah Kulit Jagung Menjadi Produk Kerajinan Tangan Yang Bernilai Tambah. *Madani: Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Kewirausahaan*, 1(3), 144-155.
- Purnamasari, Linda and Dwandaru, WS. Brams (2019) Pemanfaatan Nanomaterial *Carbon Nanodots* Berbahan Dasar Limbah Kulit Nanas (*Ananas Comous L*) sebagai Absorben Co2 pada Pemurnian Biogas. S1 thesis, FMIPA.
- Ramdhani, R., Amalia, V., & Junitasari, A. (2022). Pengaruh Konsentrasi Sorbitol terhadap Karakteristik *Edible film* Pati Kentang (*Solanum tuberosum L.*) dan Pengaplikasiannya pada Dodol Nanas. In *Gunung Djati Conference Series* (Vol. 15, pp. 103-111).
- Sartini, Sartini and Dwandaru, WS. Brams. (2019). Sintesis Graphene Oxide dan *Carbon Nanodots* Berbahan Dasar Limbah Daun Pisang Kering dengan Metode Liquid Sonication Exfoliation Dan Pemanasan Oven. S1 thesis, FMIPA.
- Septiyani, Sulvi and Ariswan, Ariswan. (2019). Sintesis dan Karakterisasi Nano Material C-Dots Berbahan Dasar Daun Kayu Putih dengan Doping Minyak Kayu Putih. S1 thesis, FMIPA.
- Sijabat, E. (2017). Studi Awal Penggunaan Nanoselulosa sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas. *Majalah TEGI*, 9(1).
- Sunardi, S., & Maulana, A. R. (2021). Sintesis dan Karakterisasi *Edible film* dari Gelatin dengan Penguat Nanoselulosa dari Pelepah Sagu. *Walisongo Journal of Chemistry*, 4(1), 8-16.
- Susilowati, E., & Lestari, A. E. (2019). Pembuatan dan karakterisasi *edible film* kitosan pati biji alpukat (KIT-PBA). *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 4(3), 197-204.
- Utama, S. S. (2019). *Pengelolaan Limbah Kulit Jagung menjadi Hiasan Bunga*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Zulmanwardi, Z., & Sofia, I. (2021). Peningkatan Kharakteristik Mekanik Plastik Biodegradabel Berbasis Pati Umbi Uwi (*Deoscorea Alata*) dengan Pengisi Pulp Selulosa Limbah Jerami Padi (*Oryza Sativa*). In *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)* (Vol. 6, No. 1, pp. 61-66).