



**EDIBLE FILM MIKROALGA DAN SERASAH DAUN MANGROVE BERBASIS
PLASTICIZER GLISEROL SEBAGAI INOVASI KEMASAN BIODEGRADABLE**

Oleh

Azzalira Alayya Zahwa¹, Fifi Munasaroh², Ahmad Edi Darmawan³, Arif Noor Adiyanto⁴,
Dewi Sondari⁵ & Sunarno⁶

^{1,2,3,4}Madrasah Aliyah Negeri 1 Kudus;

⁵Pusat Penelitian Biomaterial LIPI Cibinong;

⁶Departemen Biologi Fakultas Sains dan Matematika Undip;
Jl. Conge Ngembalrejo, Bae, Kudus, 59322

Email: ¹Azzaliraaazhw@gmail.com, ²fifimunasaroh@gmail.com,
³ahmadedidarmawan17@gmail.com, ⁴adiyanto21@gmail.com, ⁵sondaridewi@yahoo.com &
⁶sunzen07@gmail.com

Abstrak

Meningkatnya kebutuhan kemasan plastik membuat plastik menjadi bahan yang banyak digunakan oleh masyarakat karena harga murah, ringan, dan mudah dibentuk. Plastik adalah bahan non-degradable yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan, oleh karena itu perlu produk kemasan yang bersifat *biodegradable* berupa *edible film*. Produk ini bermanfaat untuk menggantikan plastik karena ekonomis, dapat diperbaharui, dan berkarakteristik fisik baik. *Edible film* dari bahan pati yang berasal dari mikroalga, serasah daun mangrove, tepung mokaf, dan *plasticizer* gliserol. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa proses pembuatan *edible film* dari mikroalga *navicula* dan *spirulina*, serasah daun mangrove, dan tepung mokaf dengan *plasticizer* gliserol, membandingkan antara *edible film* dari *navicula* dan *spirulina*, sehingga dapat diketahui produk yang layak untuk *edible film*. Analisa data menggunakan diskriptif kuantitatif. Data yang dianalisis dicari perbedaan antara kontrol dan perlakuan. Berdasarkan hasil penelitian, hasil terbaik dari beberapa *edible film* yaitu pada formula 1:2:6 dengan bahan dasar mikroalga *Spirulina plantesis* yang memiliki nilai rata-rata ketebalan sebesar 0,12 mm, nilai rata-rata kelarutan 8,63%, nilai rata-rata elongasi 17,7%, nilai *tensile strenght* 1,33 Mpa, nilai *modulus young* 4,99 N/mm², WVTR 0,059 gr/m²s, WVP 1,8 gr/ms, kadar air 14,4 %, dan *biodegradable* sebesar 1,01 g. Hasil *edible film* dari *Navicula sp* bersifat lengket dan tidak layak untuk *edible film*.

Kata Kunci: *Edible film*, *Naviculla Sp.*, *Spirulina plantesis*, Serasah Daun Mangrove & *Plasticizer Gliserol*

PENDAHULUAN

Penggunaan plastik sebagai kemasan saat ini semakin meningkat, mulai dari peralatan elektronik, perlengkapan rumah tangga, perlengkapan kantor sampai makanan dan minuman. Asosiasi Industri Olefin Aromatik dan Plastik Indonesia (INAPLAS) menyatakan, konsumsi plastik Indonesia pada tahun 2015 mencapai 17 kg/kapita/tahun. Jumlah penduduk Indonesia tahun 2017 sekitar 261 juta jiwa, dan penggunaan plastik secara nasional telah mencapai 4,44 juta ton. Mengingat plastik merupakan bahan tidak ramah lingkungan dan

membutuhkan ratusan tahun bagi mikroba untuk mendaur ulang serta banyaknya pembakaran yang dapat menyebabkan pencemaran, maka sangat dibutuhkan teknologi kemasan yang aman dan ramah lingkungan, salah satunya dengan *edible film* [1].

Edible film adalah lapisan tipis yang terbuat dari bahan yang dapat dikonsumsi dan digunakan sebagai pelapis permukaan makanan yang berfungsi menghambat migrasi kelembapan, oksigen, karbon monoksida, aroma, dan lipid [2]. Komponen penyusun *edible film* yaitu hidrokoloid, lipid, dan



komposit (campuran hidrokoloid dan lipid). Salah satu bahan utama *edible film* yaitu pati yang termasuk kelompok hidrokoloid yang merupakan bahan mudah didapat, harganya murah, serta jenisnya beragam di Indonesia. Dalam industri pangan, pati sering digunakan sebagai *biodegradable film* untuk menggantikan polimer plastik karena ekonomis, dapat diperbaharui, dan memberikan karakteristik fisik yang baik. *Edible film* berbahan pati dari mikroalga, seperti *Navicula sp.* dan *Spirulina plantesis*, serasah daun mangrove, dan *plasticizer* gliserol belum banyak diteliti. Penggunaan *Navicula sp.* sebagai sumber pati sangat penting karena memiliki kandungan pati yang cukup tinggi yaitu sebesar 16%, protein sebesar 48%, dan lipid 19% [3], sedangkan *Spirulina plantesis* memiliki kandungan pati sebesar 17-25%, protein 55-70%, dan lipid 4-6% [4].

Plastik *biodegradable* merupakan faktor penting yang berperan dalam peningkatan kualitas tanah melalui peran mikroorganisme pengurai unsur hara dalam tanah. Plastik mudah terurai memiliki kelemahan terhadap sifat mekaniknya karena kualitas kemampuan penguraian yang lemah [5]. Berdasarkan hal tersebut dibutuhkan suatu bahan serat sebagai penguat sehingga diperoleh hasil yang lebih baik, salah satunya adalah serasah daun mangrove. Indonesia memiliki wilayah pantai yang banyak ditemukan hutan mangrove di pesisirnya. Daun mangrove selama ini belum banyak digunakan sebagai bahan penguat plastik *biodegradable*. Daun mangrove telah banyak diketahui mengandung komponen serat sebanyak 8,7% sehingga dapat digunakan sebagai bahan penguat plastik *biodegradable*.

Edible film dari pati memiliki kelemahan yaitu rapuh. Salah satu *plasticizer* yang dapat memperbaiki karakteristik *edible film* menjadi elastis adalah *plasticizer* gliserol. Banyak penelitian sebelumnya yang membuat *edible film* berbahan dasar pati yaitu *edible film* berbahan pati sorgum [5], *edible film* berbahan dasar limbah kulit singkong dengan penambahan kitosan dan *plasticizer* gliserol

[6], akan tetapi *edible film* yang dihasilkan sifat mekanik dan ketahanan airnya masih rendah.

Gliserol adalah senyawa alkohol polihidrat dan mempunyai sifat-sifat hidrofilik sehingga sesuai untuk bahan pembentuk *edible film*. Gliserol dapat meningkatkan viskositas larutan dan mengikat air [7]. Penelitian *edible film* menggunakan konsentrasi gliserol yang berbeda pada bahan dasar yang berbeda telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya [8], yaitu menggunakan konsentrasi gliserol (0, 10, 20, 30, dan 40%, w/w) dengan bahan dasar kombinasi isolat protein dan gelatin. Konsentrasi gliserol yang tepat akan mempengaruhi karakteristik *edible film*. Konsentrasi gliserol yang ditambahkan akan berbeda-beda bergantung pada bahan dasarnya.

Penelitian ini merupakan inovasi kemasan *biodegradable* dalam bentuk *edible film* berbahan *Navicula sp.* dan serasah daun mangrove (*Rhizophoramucronata sp.*) berbasis *plasticizer* gliserol. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengurangi penggunaan plastik non-*biodegradable* dan meningkatkan penggunaan plastik berbahan alami ramah lingkungan.

LANDASAN TEORI

Edible Film

Edible film adalah lapisan tipis terbuat dari bahan yang dapat dikonsumsi dan digunakan sebagai pelapis permukaan makanan. *Edible film* terdiri atas komponen hidrokoloid, lipid, dan komposit (campuran hidrokoloid dan lipid). Salah satu bahan utama *edible film* adalah pati yang bersifat hidrokoloid. Pati dalam industri pangan sering digunakan sebagai *biodegradable film* untuk menggantikan polimer plastik karena ekonomis, *renewable*, dan memberikan karakteristik fisik yang baik.

Gliserol

Gliserol merupakan *plasticizer* yang bersifat hidrofilik, sehingga cocok untuk bahan pembentukan film hidrofobik seperti pati. Peran gliserol sebagai *plasticizer* dan konsentrasinya meningkatkan fleksibilitas *film*.

<http://ejurnal.binawakya.or.id/index.php/MBI>



Ketebalan

Ketebalan merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap penggunaan *film* dalam pembentukan produk yang akan dikemas. Ketebalan mempengaruhi laju transmisi uap, gas dan senyawa volatil. Ketebalan *edible film* juga dapat mempengaruhi sifat fisik lainnya seperti kekuatan tarik dan pemanjangan.

Kelarutan

Kelarutan *film* dalam air dinyatakan dalam persentase bagian *film* yang larut dalam air setelah perendaman selama 24 jam [9] dan merupakan faktor penting dalam menentukan biodegradabilitas film dan menentukan penerapan *edible film* yang dihasilkan.

Tensile Strengt

Tensile Strength merupakan gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah *film* hingga terputus. Pengukuran kekuatan renggang putus berguna untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area *film* untuk merenggang atau memanjang [2]. Kekuatan tarik suatu bahan timbul sebagai reaksi dari ikatan polimer antara atom-atom atau ikatan sekunder antar rantai polimer terhadap gaya luar yang diberikan [10].

Transmisi Uap Air (WVTR)

Laju transmisi uap air (*Water Vapour Transmition Rate*) merupakan laju transmisi uap air melalui suatu unit luasan bahan yang permukaannya rata dengan ketebalan tertentu, sebagai akibat dari perbedaan unit tekanan uap antara dua permukaan tertentu pada kondisi dan suhu tertentu [2].

ELONGASI

Elongasi atau pemanjangan didefinisikan sebagai presentase perubahan panjang *film* pada saat ditarik sampai putus [2].

PERMEABILITAS UAP AIR (WVP)

Permeabilitas uap air merupakan jumlah uap air yang hilang per satuan waktu dibagi luas dengan luas area film. Permeabilitas uap air harus serendah mungkin [11].

Kadar Air

Kadar air adalah presentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) atau berdasarkan berat kering (*dry basis*). Kadar air ini akan berpengaruh terhadap daya simpan, hal ini dikarenakan jumlah air yang bebas dapat digunakan mikroba terhadap pertumbuhannya.

Modulus Young

Modulus Young juga disebut dengan modulus Tarik, yaitu ukuran kekakuan suatu bahan elastis yang merupakan ciri dari suatu bahan. Modulus Young didefinisikan sebagai rasio tegangan dalam sistem koordinat Kartesius terhadap regangan sepanjang aksis pada jangkauan tegangan dimana hukum Hooke berlaku.

Biodegradable

Uji *biodegradable* adalah suatu uji yang dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan *edible film* sampai mengalami degradasi. Uji biodegradabilitas yang dipilih menggunakan tanah sebagai pembantu proses degradasi atau yang disebut dengan teknik *soil burial test*. Metode *soil burial test* yaitu metode penanaman sampel pada tanah. Sampel berupa film bioplastik ditanamkan pada tanah yang ditempatkan pada pot dan diamati per-hari atau perminggu sampai terdegradasi sempurna. Uji biodegerable dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan biodegerable terhadap mikroba pengurai, kelembapan tanah, suhu, dan faktor risiko kimia yang terdapat pada tanah [12]. Pengamatan terhadap sampel dilakukan dalam rentang waktu sehari sekali hingga sampel mengalami degradasi selama 5 hari.

Scanning Electron Microscope

Struktur mikroskopis *edible film* diamati menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk mengetahui perbedaan struktur morfologi internal *edible film* pada penggunaan konsentrasi berbeda. SEM menggunakan prinsip pancaran elektron yang ditembakkan pada sampel.



METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu UNDIP Tembalang, Semarang. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Mei-September 2019.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah toples kaca, gelas beker, erlenmeyer, autoklaf, akuarium, selang, aluminium foil, selotip, aerator, blender, *magnetic stirrer*, *hot plate*, oven, cetakan kaca, pipet tetes, ayakan 80 mesh, pengaduk, spatula, cawan porselin, cawan petri, *oven dryer*, neraca analitik, gelas ukur, mika plastik, dan pH meter. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Navicula sp.*, *Spirulina plantesis*, tepung mokaf, akuades, gliserol, pupuk walne, serasah daun mangrove, clorin, asam asetat, pupuk walne, vitamin +B12, pupuk urea, dan tiosulfat.

Pembuatan Pati Mikroalga

Secara keseluruhan kultur *Navicula sp.* dan *Spirulina plantesis* meliputi persiapan air laut, media kultur, pemberian pupuk atau nutrisi (pupuk walne), pemilihan bibit bebas dari kontaminasi. Kultur *Navicula sp.* dan *Spirulina plantesis* skala laboratorium dilakukan secara bertahap diawali dengan sterilisasi terlebih dahulu erlenmeyer volume 1000-2000 ml, toples kaca volume 4-5 liter, dan gelas beker 600 ml. Persiapan air laut dimulai penyaringan secara bertahap dan dituangkan ke dalam erlenmeyer volume 1500 ml dengan pemberian khlorin 60 ppm dan disterilkan di dalam autoklaf selama 24 jam. Setelah proses sterilisasi dilakukan pemberian bibit, pupuk walne 0,001 ppm, pemberian vitamin +B12 0,001 ppm. Kultur skala laboratorium dilakukan selama ±4 hari dengan aerasi sampai pemanenan pada akhir fase eksponensial (hari ke 3 dan 4) sebagai starter untuk dikultur berikutnya. Faktor yang mempengaruhi kultur murni *Navicula sp.* dan *Spirulina plantesis* adalah sterilisasi wadah dan bahan, dan komposisi nutrisi.

Kultur *Navicula sp.* dan *Spirulina plantesis* skala massal diawali dengan pemilihan bibit terbaik dan persiapan media kultur skala massal. Pemberian air payau

volume 70 liter dalam akuarium dan diaerasi menggunakan aerator selama 24 jam. Kemudian dilakukan pemberian bibit hasil skala laboratorium, pupuk urea, tiosulfat 2,1 g. Kultur skala massal dilakukan selama ±5 hari dan dapat dipanen dengan cara mematikan mesin aerator dan disaring. Proses pembuatan powder *Navicula sp.* dan *Spirulina plantesis* melalui beberapa tahap, yaitu hasil endapan dituangkan ke Loyang, kemudian dikeringkan di dalam lemari pengering, dan lembaran *Navicula sp.* dan *Spirulina plantesis* yang didapat dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil, selanjutnya *Navicula sp.* dan *Spirulina plantesis* dihaluskan di cawan porselin sampai didapatkan powder mikroalga *Navicula sp.* dan *Spirulina plantesis*.

Pembuatan Pati Serasah Daun Mangrove

Proses pembuatan powder mangrove dilakukan dengan cara pengambilan serasah daun mangrove, pemisahan antara daun dan batang mangrove, pengeringan dibawah sinar matahari selama 24 jam, penghalusan menggunakan blender dan mortar, serta penyaringan menggunakan saringan 80 mesh.

Pembuatan Edible Film Mikroalga

Pembuatan edible film mikroalga dilakukan dengan mencampurkan semua bahan di dalam gelas beker, lalu dilarutkan menggunakan akuades dengan pengadukan manual selama 15 menit. Setelah semua bahan dilarutkan kemudian ditambahkan plasticizer gliserol sebagai pemplastis pada suhu 50-60°C dan diaduk selama 30 menit. Setelah proses pengadukan, larutan homogen didiamkan pada suhu ruang selama 2 jam. Setelah didiamkan 2 jam dilakukan proses pencetakan di atas cawan petri berdiameter 9,5 cm yang telah dilapisi plastik mika, lalu dikeringkan di dalam oven selama 24 jam pada suhu 35°C. Edible film yang sudah kering dikeluarkan dari oven drier lalu dilepas dari plastik mika secara perlahan dan disimpan di dalam desikator.

Analisa Ketebalan

Sampel dipotong dengan ukuran 5x30 ml dan diukur dengan mikrometer sekrup. Nilai



ketebalan yang didapat merupakan rata-rata dari permukaan pada tiga tempat yang berbeda.

Analisa Kelarutan

Sampel dimasukkan ke gelas reaksi kemudian diisi air lalu didiamkan selama 24 jam. Sampel kemudian dihitung berdasarkan berat hilang dibagi berat awal, dan diperoleh sisa berat terlarut.

Analisa Tensile Strength dan Elongasi

Sampel dipotong dengan ukuran 5x30 ml dan diukur menggunakan CT3 Texture Analyzer. Dari alat tersebut akan didapatkan data untuk gaya (*force*) yang diperlukan untuk memutuskan *edible film* dan perpanjangan *edible film* sampai putus.

Analisa Transmisi Uap Air (WVTR)

Edible film dipotong membentuk lingkaran diameter 2,8 cm. Gelas ditimbang sebelum digunakan. Setelah itu, *edible film* diletakkan pada permukaan gelas yang sebelumnya telah diisi 3 g silika gel. Gelas yang berisi sampel selanjutnya ditimbang dan diletakkan dalam desikator terkontrol (kelembapan $\pm 55\%$). Setiap jam (selama 10 jam) gelas dikeluarkan dari desikator dan ditimbang. Nilai WVTR dihitung dengan rumus,

$$\text{Nilai WVTR} = \frac{\text{slope kemiringan}}{\text{luas permukaan}}$$

Analisa Permeabilitas Uap Air (WVP)

Permeabilitas uap air dari *edible film* diuji menggunakan metode gravimetric sesuai dengan metode standar E-96-95 dalam ASTM 1995. Sampel film yang akan diuji dibentangkan menutupi tabung sel permeasi yang berbentuk lingkaran dengan diameter 4 cm. Di dalam sel permeasi dimasukkan silika gel (0% RH). Setelah ditutup dengan *film*, sel permeasi ini dimasukkan dalam eksikator yang telah diisi larutan NaCl jenuh (70%) pada suhu 30°C. Laju perpindahan uap air (WVTR) dapat ditentukan dari penimbangan berat sel permeasi setiap 1 jam sampai diperoleh beberapa titik. Kemudian dilakukan pengukuran ketebalan *film* di beberapa titik dengan mikrometer. Setelah tes permeasi, ketebalan *film* diukur dan

water prof permeability (WVP) dapat dihitung dengan persamaan.

Analisa Kadar Air

Sampel dirimbang sebanyak 1-2 g dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 100°C selama 6 jam. Selanjutnya sampel didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Prosedur diulangi sampai tercapai berat sampel yang konstan (selisih antara penimbangan kurang dari 0,2 mg). perhitungan kadar air berdasarkan berat basah sebagai berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100 \%$$

Analisa Modulus Young

Uji Modulus Young didasarkan pada hasil uji kekuatan tarik dan uji perpanjangan pada saat putus.

Perhitungan :

$$\text{Modulus Young (Mpa)} = \frac{\text{Kekuatan Tarik}}{\text{Pemanjangan saat putus}/100}$$

Analisa Biodegradable

Uji biodegradable menggunakan tanah sebagai pembantu proses degradasi atau yang disebut *soil burial test* dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sampel film plastic sampai mengalami degradasi.

Analisis Data

Data dalam penelitian ini dianalisis dengan menggunakan data deskriptif kuantitatif. Analisis deskriptif digunakan untuk mengkategorikan tingkat hasil uji *edible film* dari beberapa variabel. Teknik analisis deskriptif yang digunakan untuk hasil uji *edible film* adalah penyajian data berupa nilai rata-rata dan standart deviasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian *edible film Navicula Sp.* menggunakan tiga perlakuan dan dua ulangan, yaitu formula B, C, dan D. *Edible film* lainnya dari *Spirulina plantesis* menggunakan empat perlakuan dan dua ulangan, meliputi formula E, F, G, dan H, dan A (tepung mokaf dan tepung



ganyong). Hasil uji *edible film* dari mikroalga *Navicula sp.* dan *Spirulina plantesis* disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil uji *edible film* dari mikroalga *Navicula sp.* dan *Spirulina plantesis*

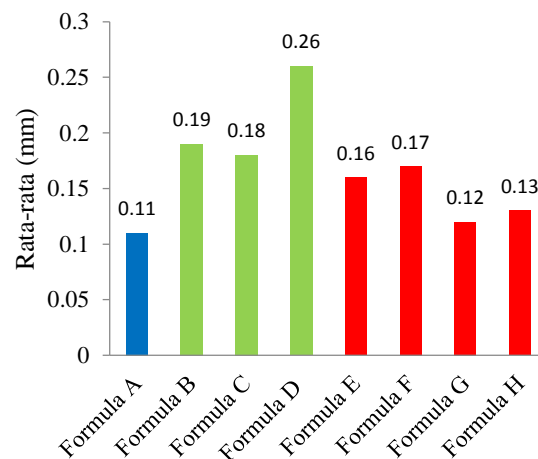
<i>Edible film</i>	Ketebalan (mm)	Kelarutan (%)	Elongasi (%)	Tensile Strength (MPa)	Modulus Young (Nmm ⁻²)
*kontrol 5:5	0.115±0.007	2.27±0.06	0.23±0.02	1.4±0.02	6.85±0.06
1:2:6	0.195±0.021	5.44±0.11	21.2±1.3	0.4±0.13	1.83±0.7
2:2:6	0.185±0.007	6.08±0.07	18.6±5.8	0.6±0.13	3.37±0.3
3:2:6	0.26±0.084	4.59±0.12	3.6±1.3	4±1.03	75±42
0.5:2:6	0.16±0.03	6.76±0.07	10.7±0.3	0.64±0.07	5.92±0.5
0.75:2:6	0.17±0.03	6.94±0.04	16.5±0.7	0.63±0	3.77±0.1
1.0:2:6	0.12±0.07	8.63±0.04	17.7±0.3	1.33±0.01	4.99±0.1
1.25:2:6	0.13±0.42	7.27±0.15	18±0.7	0.79±0.07	4.39±0.2

Tabel 2. Hasil uji *edible film* dari mikroalga *Navicula sp.* dan *Spirulina plantesis*

<i>Edible film</i>	Transmisi		Kadar Air (%)	Degradable (berat hilang/gr)
	Uap Air (gr·m ⁻² ·s)	Permeabilitas Air (gr·ms)		
*kontrol 5:5	307,17 ±1.15	3.78E-04 ±4E-04	6±0	0.25
1:2:6	0.005 ±5E-04	1.03E-09 ±9E-13	5±0.11	1.01
2:2:6	0.017 ±3-04	1.11E-09 ±8E-12	8±0.10	0.76
3:2:6	0.003 ±1E-04	4.74E-09 ±3E-13	7±0.63	1.32
0.5:2:6	0.009 ±8.99E-05	1.5E-09 ±1.6E-12	13.6±0.1	0.81
0.75:2:6	0.011 ±4.14E-05	1.8E-09 ±1.9E-13	16.7±4.2	0.48
1:2:6	0.059 ±8.94E-05	1.8E-09 ±1.9E-13	14.4±2.3	0.77
1.25:2:6	0.006 ±7.07E-05	1.5E-09 ±1.4E-13	12.3±0.2	1.09

Hasil pengukuran ketebalan pada perbandingan formula *edible film* disajikan pada Gambar 1.

Gambar 1. Nilai hasil rata-rata pengujian ketebalan *edible film*



Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa ketebalan formula A dihasilkan rata-rata 0,115 mm. Hal ini terjadi karena pada formula A terdapat konsentrasi tepung mokaf dan tepung ganyong yang seimbang. Bukti penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kandungan pati pada tepung ganyong sebesar 93,30% [13]. Penggunaan tepung mokaf dalam komposisi *edible film* sangat penting karena kandungan pati dalam tepung mokaf sebanyak 3,4% [14]. Formula B-H dengan gliserol 3% dihasilkan ketebalan rata-rata 0,12-0,26 mm. Dalam formula tersebut, konsentrasi *mangrove*, mokaf dan gliserol konstan, adapun perbedaan terdapat pada konsentrasi *Navicula sp* dan *Spirulina plantesis*. Penggunaan mokaf dan *mangrove* konstan karena bahan baku pembuatan *edible film* ini adalah *Navicula sp* dan *Spirulina plantesis*. Hal ini terjadi karena peningkatan konsentrasi bahan yang digunakan akan menyebabkan peningkatan ketebalan pada *edible film*. Semakin tinggi konsentrasi pati akan diikuti peningkatan viskositas, sehingga *edible film* yang terbentuk semakin tebal [15].

Ketebalan *film* sangat dipengaruhi oleh konsentrasi padatan terlarut pada larutan pembentuk *film* dan ukuran plat pencetak. Ketebalan *biofilm* dipengaruhi oleh luas

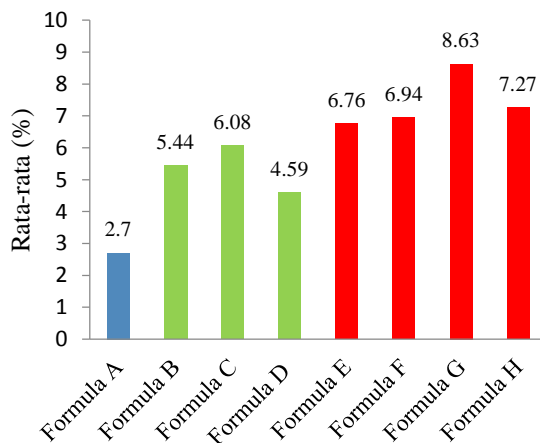


cetakan, volume larutan, dan total padatan dalam larutan. *Edible film* dengan cawan petri ukuran 9,5 cm dan volume larutan 10 ml agar dimaksudkan agar dapat menghasilkan *edible* sesuai dengan standar. Berdasarkan grafik pada Gambar 4.1 ditunjukkan bahwa ketebalan terbaik terdapat pada formula A dengan rata-rata 0,115 mm, sedangkan ketebalan kurang baik pada formula D dengan rata-rata 0,26 mm.

Plasticizer yang ditambahkan dapat berikatan dengan pati membentuk polimer pati-*plasticizer* sehingga ketebalan *film* meningkat [16]. Ketebalan *edible film* menurut standar JIS 1975 (*Japanesse Industrial Standart*) maksimal 0,25 mm [16]. *Edible film* yang dihasilkan dari berbagai konsentrasi memiliki ketebalan 0,11-0,26 mm, sehingga telah memenuhi syarat JIS.

Hasil pengukuran kelarutan pada perbandingan formula *edible film* disajikan pada Gambar 2.

Gambar 2. Nilai hasil rata-rata pengujian kelarutan film dalam air



Berdasarkan Gambar 2. dapat diketahui bahwa kelarutan formula A dihasilkan rata-rata 2,27%. Hal ini terjadi karena pada formula A terdapat konsentrasi gliserol 1%, tepung mokaf dan tepung ganyong yang sama. Penambahan *plasticizer* dan bahan pembuatan *edible* yaitu mokaf dan ganyong yang bersifat hidrofilik sangat mempengaruhi kelarutan dalam *edible*. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kandungan pati pada tepung ganyong sebesar 93,30% [13]. Penggunaan tepung mokaf dalam komposisi *edible film*

dikarenakan kandungan pati dalam tepung mokaf lebih tinggi dari pada kandungan dalam tepung terigu yaitu sebanyak 3,4% [14]. Formula B-H dengan gliserol 3% dihasilkan rata-rata kelarutan dalam air antara 4,59-8,63%. Konsentrasi gliserol dan bahan dalam komposisi beberapa formula tersebut sangat mempengaruhi kelarutan, karena gliserol dan bahan yang digunakan bersifat hidrofilik. Bahan-bahan pembuatan *edible* yaitu *Navicula sp.* dan *Spirulina plantesis*, mangrove dan mokaf bersifat hidrofilik sehingga mempengaruhi peningkatan kelarutan dalam *edible*. Berdasarkan grafik pada formula A-H dapat diketahui bahwa kelarutan dalam *edible* terbaik terdapat pada formula G dengan rata-rata 8,63%, sedangkan kelarutan kurang baik yaitu pada formula A sebesar 2,27%. Bukti penelitian sebelumnya menunjukkan, penambahan pati akan menyebabkan kelarutan *film* dalam air meningkat [17]. Hasil yang sama juga dibuktikan pada penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penambahan kalium akan menyebabkan kelarutan film berbasis pati tapioka dalam air meningkat [18].

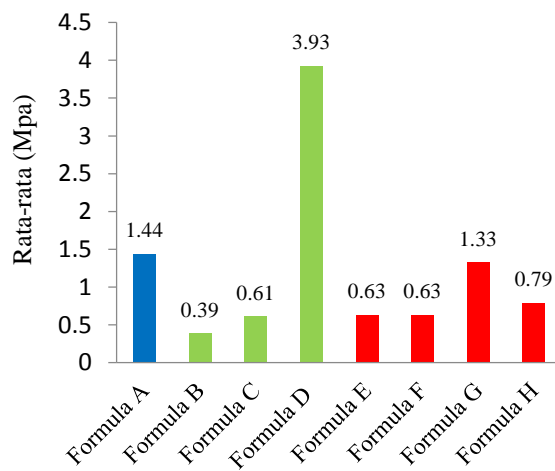
Hasil pengukuran *tensile strength* pada perbandingan formula *edible film* disajikan pada Gambar 4.3. Berdasarkan Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa formula A dihasilkan angka rata-rata 1,4 Mpa, karena pada komposisi formula A terdapat tepung mokaf dan tepung ganyong yang sama. Hal ini dikarenakan pemberian konsentrasi tepung mokaf dan tepung ganyong akan meningkatkan nilai kuat tarik *edible film* dan mampu membentuk matriks polimer yang kuat dan menjadikan kekuatan tarik intermolekul semakin kuat pada *edible film*.

Formula B-H dengan gliserol 3% dihasilkan angka rata-rata 0,4-1,33 Mpa. Penggunaan gliserol konstan karena penambahan gliserol pada *edible film* dapat mengakibatkan penurunan gaya intermolekul yang akan menyebabkan menurunnya kekuatan tarik pada setiap formula. Semakin tinggi jumlah amilosa akan meningkatkan sifat retrogradasi suspensi *edible film* setelah



dipanaskan, sehingga menyebabkan tingginya kekuatan tarik pada *edible*. Pada konsentrasi ini komposisi mangrove dan mokaf konstan dikarenakan bahan utama pembuatan *edible film* ini adalah *Navicula sp.* dan *Spirulina plantesis*. Penggunaan mangrove dan mokaf pada komposisi variabel tersebut bertujuan untuk memperkuat *edible* karena mengandung komponen pati dalam *mangrove* sebesar 8,7%, sedangkan pada mokaf sebesar 3,4% [14]. Berdasarkan grafik dapat diketahui bahwa kekuatan tarik terbaik diantara formula A-H, yaitu pada formula D dengan angka rata-rata 4 MPa dan kurang baik pada formula B dengan rata-rata 0,4 MPa.

Gambar 3. Nilai hasil rata-rata pengujian tensile strength edible film

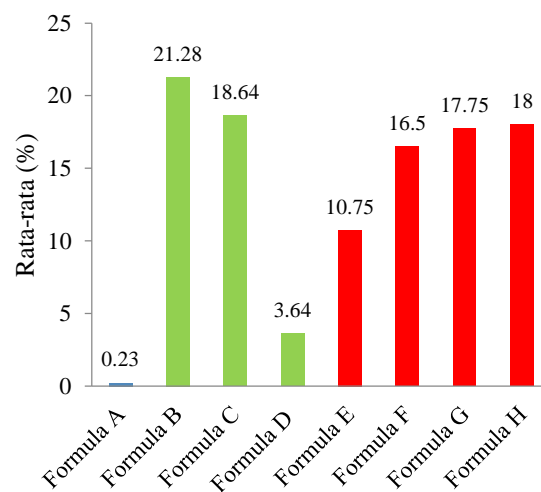


Penambahan gliserol yang terlalu tinggi dapat meningkatkan kelembapan *edible film* karena bersifat higroskopis, hal ini dapat mempengaruhi penurunan ikatan makromolekul *edible film*. Kekuatan tarik *edible film* menurut standar JIS 1975 (*Japanesse Industrial Standart*) [16], yaitu minimal 0,39226 MPa. *Edible film* yang dihasilkan dari beberapa konsentrasi memiliki *tensile strenght* antara 0,4-4 MPa, sehingga sudah memenuhi syarat JIS.

Hasil pengukuran elongasi pada perbandingan formula *edible film* disajikan pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa elongasi formula A dihasilkan rata-rata 0,23%, karena pada konsentrasi ini menggunakan gliserol 1%. Peningkatan angka

rata-rata elongasi ini karena adanya penambahan gliserol sebagai *plasticizer* yang dapat meningkatkan fleksibilitas *edible film*. Formula B-H dengan gliserol 3% dihasilkan angka elongasi rata-rata 3,6-21,2%. Variabel ini menggunakan gliserol konstan 3% karena bertujuan untuk memplastiskan *edible*. Hal ini terjadi karena pati berinteraksi dengan gliserol dengan membentuk ikatan pati *plasticizer*. Ikatan ini akan mengakibatkan peningkatan elastisitas *edible film*.

Gambar 4. Nilai hasil rata-rata pengujian transmisi uap air (wvtr) edible film

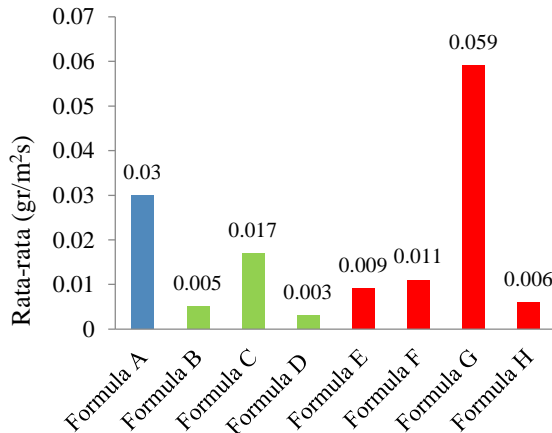


Berdasarkan grafik diantara formula A-H dapat diketahui bahwa elongasi terbaik yaitu pada formula B dengan rata-rata 21,2%, sedangkan yang kurang baik terdapat pada formula D dengan rata-rata 3,6%. Elongasi *edible film* meningkat seiring peningkatan konsentrasi gliserol pada formulasi *edible film*. Peningkatan elongasi ini, dikarenakan sifat gliserol sebagai *plasticizer* dapat meningkatkan fleksibilitas *film*. Elongasi *edible film* menurut standar JIS 1975 (*Japanesse Industrial Standart*) [16], yaitu minimal 70%. *Edible film* yang dihasilkan dari berbagai perlakuan konsentrasi formula A-B memiliki elongasi antara 3,6-21,2%, sehingga belum memenuhi syarat JIS. Hal ini terjadi karena proses pencetakan *edible film* menggunakan cawan petri ukuran 9,5 cm, sehingga mengakibatkan ukuran *edible* kecil dan elongasi tidak terlalu besar.



Hasil pengukuran transmisi uap air (WVTR) pada perbandingan formula *edible film* disajikan pada Gambar 5.

Gambar 5. Nilai hasil rata-rata pengujian transmisi uap air (wvtr) *edible film*



Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa hasil rata-rata uji transmisi uap air (wvtr) formula A dihasilkan rata-rata 307,17 gr/m²s. Formula B-H dihasilkan rata-rata 0.003-0.059 gr/m²s. Kandungan pati dalam *edible film* mempengaruhi laju transmisi uap air sebagai penghalang yang baik terhadap O₂ dan CO₂ serta merupakan *film* yang larut dalam air. Formula D berbahan tepung mokaf mengandung pati sebesar 3,4% dan tepung ganyong sebesar 93,30%. Formula G berbahan *Spirulina plantesis* mengandung pati sebesar 17%-26%, mangrove sebesar 8,7% dan tepung mokaf sebesar 3,4%. Peningkatan gaya ikat antar polimer akan menurunkan transmisi uap air *edible film* terhadap gas, uap, dan porositasnya, sehingga fungsi *edible film* sebagai penghalang masuknya uap air meningkat [19].

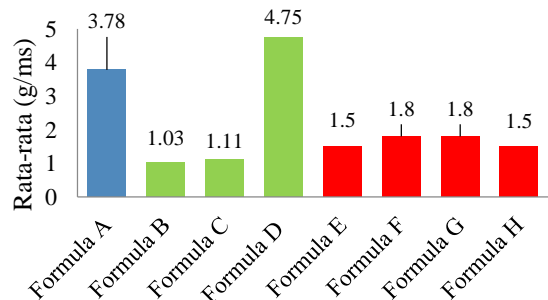
Selain kandungan pati, *plasticizer* juga mampu mengurangi tingkat kerapuhan *edible film*, tetapi mampu meningkatkan laju transmisi uap air. Hal ini dikarenakan *plasticizer* bersifat hidrofilik dan mampu menurunkan tegangan antar molekul pada matriks *edible film* yang menyebabkan ruang antar molekul semakin besar, sehingga uap air bisa menembus *edible film*. Penggunaan *plasticizer* gliserol bersifat konstan terhadap

formula yaitu sebesar 1% pada formula A dan 3% pada formula B-H, sehingga tidak terdapat perbedaan yang nyata. Hal ini dikarenakan gliserol digunakan untuk meningkatkan sifat plastis *film* karena memiliki berat molekul yang kecil.

Umumnya *edible film* yang terbuat dari bahan protein dan polisakarida (polimer polar) mempunyai jumlah ikatan hidrogen yang tinggi dan menghasilkan penyerapan air pada kelembapan tinggi sehingga mempunyai nilai transmisi uap air yang juga tinggi. Hal ini disebabkan karena protein. Formula A-H memiliki kandungan protein. Penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya [20], menunjukkan bahwa *biofilm* yang terbuat dari gelatin yang tergolong protein mempunyai laju transmisi uap air yang tinggi.

Hasil pengukuran permeabilitas uap air pada perbandingan formula *edible film* disajikan pada Gambar 4.6. Berdasarkan Gambar 4.6 diketahui bahwa hasil rata-rata uji permeabilitas uap air formula A dihasilkan rata-rata 3.78E-04 gr/ms. Formula B-H dihasilkan rata-rata permeabilitas uap air 1.03-4.74E-09 g/ms. Semakin kecil migrasi uap air yang terjadi pada produk yang dikemas oleh *edible film* maka semakin baik sifat *edible film* dalam menjaga umur simpan produk yang dikemasnya, sedangkan pada formula D diperoleh angka rata-rata paling tinggi, sehingga semakin besar migrasi uap air yang terjadi pada produk yang dikemas oleh *edible film* maka semakin kurang baik sifat *edible film* dalam menjaga umur simpan produk yang dikemasnya.

Gambar 6. Nilai hasil rata-rata pengujian permeabilitas uap air (WVP) *edible film*.

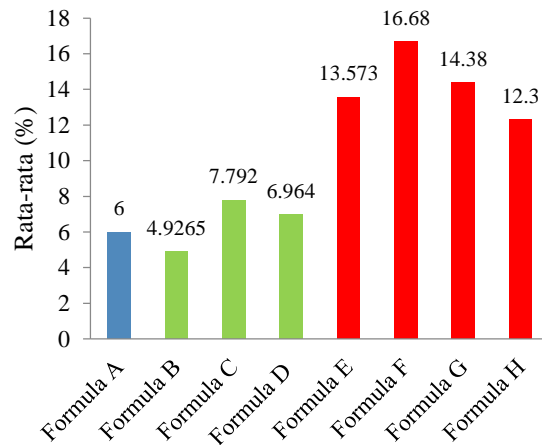




Peningkatan konsentrasi gliserol cenderung akan meningkatkan laju transmisi uap air *edible film* yang dihasilkan. *Edible film* terbaik pada penelitian ini terjadi pada penambahan gliserol dengan konsentrasi terkecil 1% pada formula A, yaitu sebesar $3.78E-09$ dan *edible film* kurang baik pada penambahan gliserol dengan konsentrasi terbesar 3% pada formula D, yaitu sebesar $4.74E-09$. Bukti penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan gliserol yang bersifat hidrofilik akan mempengaruhi permeabilitas uap air. Semakin besar hidrofilitas pada suatu bahan maka permeabilitas uap air *film* tersebut akan semakin turun. Sebaliknya, semakin kecil hidrofilitas pada suatu bahan maka permeabilitas uap air *film* tersebut akan semakin naik [21].

Hasil pengukuran kadar air pada perbandingan formula *edible film* disajikan pada Gambar 4.7. Berdasarkan Gambar 4.7 diketahui bahwa hasil rata-rata uji kadar air pada formula A dihasilkan rata-rata 6%. Formula B-H dihasilkan rata-rata 5-16,7%. Berdasarkan penelitian ini, hasil formula terbaik terdapat pada formula B sebesar 5% dan hasil formula kurang baik pada formula F sebesar 16,7%. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan proses dan lama pengeringan dalam pembuatan *edible film* pada formula B dan F. Kadar air berpengaruh pada masa simpan pati sebagai bahan dasar *edible film*. Semakin tinggi kadar air maka masa simpan pati semakin pendek karena akan semakin cepat terkontaminasi mikroba. Perbedaan tingginya kadar air dalam penelitian ini dapat disebabkan oleh proses pengeringan yang berbeda baik metode maupun waktu pengeringan. Kedua factor tersebut dapat berpengaruh secara signifikan terhadap kadar air yang dikeringkan. Bukti penelitian sebelumnya menunjukkan, faktor lain yang berpengaruh yaitu kelembapan udara sekitar yang berkaitan dengan tempat penyimpanan bahan, sifat, dan jenis bahan maupun perlakuan pada bahan tersebut [22].

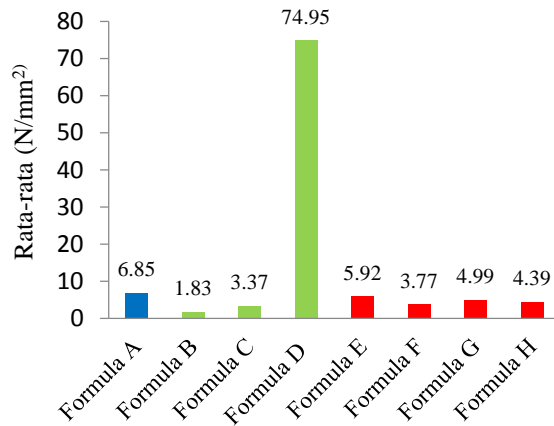
Gambar 7. Nilai hasil rata-rata pengujian kadar air *edible film*



Hasil pengukuran *modulus young* pada perbandingan komposisi *edible film* disajikan pada Gambar 4.8. Berdasarkan Gambar 4.8 diketahui bahwa hasil rata-rata uji *modulus young* pada formula A dihasilkan rata-rata $6,85 \text{ N/mm}^2$. Formula B-H dihasilkan rata-rata $1,83-75 \text{ N/mm}^2$. Dilihat dari elastisitasnya, hasil formula terbaik terdapat pada formula A sebesar $6,85 \text{ N/mm}^2$ dan hasil formula kurang baik pada formula D sebesar 75 N/mm^2 . Hal ini dikarenakan formula A dengan konsentrasi gliserol 1% akan menurunkan tingkat elastisitas *edible film* yang dihasilkan dibandingkan dengan formula D dengan konsentrasi gliserol 3%. Pada kondisi ini akan terjadi peningkatan tingkat elastisitas *edible film* yang dihasilkan. *Plasticizer* gliserol dengan konsentrasi yang berbeda mempengaruhi nilai elastisitas. Semakin tinggi konsentrasi gliserol semakin tinggi elastisitas *edible film*, sebaliknya semakin rendah konsentrasi gliserol semakin rendah elastisitas *edible film*. Pada formula B-H terjadi peningkatan nilai elastisitas, yaitu antara $1,83-75 \text{ N/mm}^2$ yang berpengaruh secara signifikan terhadap nilai *tensile strength* dengan peningkatan antara $0,4-4 \text{ MPa}$. Hal ini dikarenakan semakin elastis *edible film* yang dihasilkan akan semakin rendah kuat tariknya.

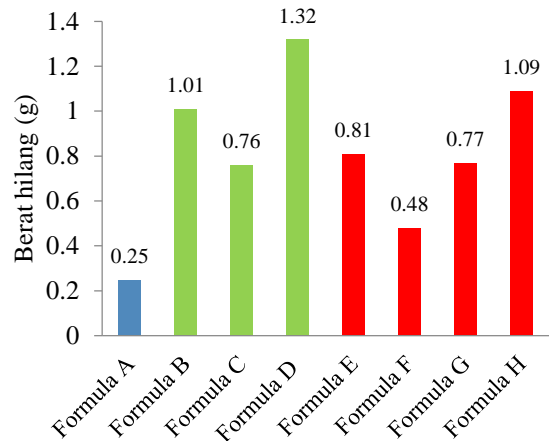


Gambar 8. Nilai hasil rata-rata pengujian modulus young edible film



Hasil uji *biodegradable* pada perbandingan formula *edible film* disajikan pada Gambar 9. Berdasarkan Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa uji *biodegradable* pada formula A, untuk gliserol 1% dihasilkan berat hilang sebesar 0,25 g. Hal ini terjadi karena bahan pembuatan pada formula A menggunakan bahan dasar yang mudah berinteraksi dengan air. Formula B-H untuk gliserol 3% dihasilkan berat hilang berkisar 0,48-1,32 g. Hasil uji *biodegradable* terbaik, yaitu pada formula H dengan berat hilang sebesar 1,09 g dan hasil yang kurang baik, yaitu pada formula F dengan berat hilang sebesar 0,48 g. Hal ini terjadi karena bahan yang digunakan pada formula B-D menggunakan bahan yang bersifat hidofilik. Pada kondisi ini mikroorganisme bersifat sensitif terhadap pengaruh faktor fisiko-kimia, terutama *Spirulina plantesis*, demikian juga mangrove dan mokaf. Sebaliknya, jika proses terdegradasi dibandingkan dengan formula E-H *edible* dari *Navicula sp.*, mangrove dan mokaf maka hasil yang cepat terdegradasi adalah *edible* dari *Navicula sp.* Hal ini disebabkan karena kandungan air pada *Navicula sp* lebih besar dibanding *edible* yang berbahan dasar *Spirulina plantesis*. Oleh karena itu, hasil terbaik dari beberapa formula (formula A-H) pada uji *biodegradable*, yaitu formula D dengan berat hilang sebesar 1,32 g.

Gambar 9. Nilai hasil pengujian biodegradable edible film



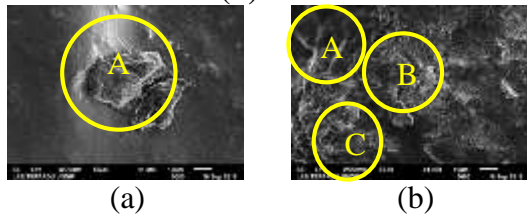
Degradasi polimer digunakan untuk menyatakan perubahan fisik akibat reaksi kimia yang meliputi pemutusan ikatan penting dari suatu makro molekul tertentu [23]. *Biodegradable film* yang dihasilkan pada penelitian ini bersifat mudah terurai. Kondisi ini disebabkan karena bahan baku yang digunakan adalah bahan baku yang mudah berinteraksi dengan air dan mikroorganisme serta sensitif terhadap pengaruh factor fisiko kimia. *Edible film* yang baik adalah *edible* yang memiliki sifat mekanik yang kuat serta memiliki tingkat *biodegradable* yang tinggi.

Edible Film *Navicula sp*

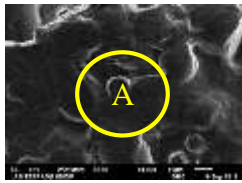
Karakteristik sampel *edible film* yang diamati dengan SEM pada penelitian ini adalah pada *edible film* dari *Navicula sp.* dan *Spirulina plantesis*. Berdasarkan Gambar 4.10 dan 4.11, hasil uji SEM pada formula B-D terdapat gumpalan (A) pada permukaan *edible film* yang diakibatkan oleh proses pengadukan yang tidak homogen. Karakteristik *Navicula sp.* yang lengket juga berpengaruh, akibatnya terbentuk gumpalan pada larutan *edible film* ketika pemanasan.



Gambar 10. Hasil uji SEM pada formula B (a) dan formula C (b)



Gambar 11. Hasil uji SEM formula D



Keterangan : A (gumpalan), B (pori-pori), C (Cracking)

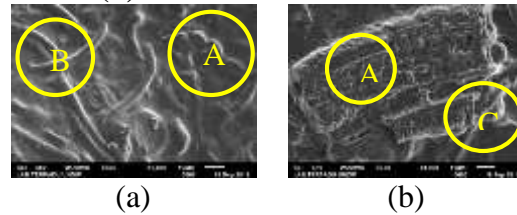
Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan, *edible film* tersebut kurang kompak dan padat sehingga menghasilkan kuat tarik (*tensile strength*) yang lebih rendah, yaitu hanya sebesar 0,4 MPa (formula B) [24, 25]. Hasil penelitian membuktikan bahwa pada formula C terdapat pori-pori (B) dan *cracking* (retakan) serta terlihat tidak rapat pada permukaan *edible film*. Hal ini dapat diakibatkan oleh mangrove dan mokaf yang ukuran partikelnya cukup besar, yaitu 60-80 mesh sehingga tidak terlalu sempurna. Dengan kurang rapatnya struktur atau retakan dari serat-serat tersebut menyebabkan air akan terserap lebih banyak. *Cracking* atau retakan (C) pada *edible film* diduga diakibatkan oleh suhu pengeringan yang digunakan, yaitu 35-40°C. Bukti penelitian sebelumnya menunjukkan, ketika kadar air dihilangkan pada saat pengeringan maka tingkat konfirmasi protein berubah dan tingkat protein menentukan berlangsungnya ikatan hidrofobik, ikatan ionik, dan ikatan hidrogen [26].

Edible Film *Spirulina plantesis*

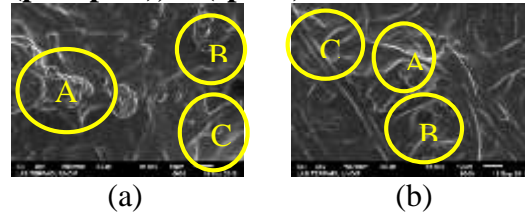
Berdasarkan gambar di atas hasil uji SEM pada formula E-H terdapat gumpalan (A), pori-pori (B) pada permukaan *edible film*

yang diakibatkan karena proses pengadukan yang tidak homogen.

Gambar 12. Hasil uji SEM Formula E (a) dan F (b)



Gambar 13. Hasil uji SEM Formula G (a) dan H (b). Keterangan : A (gumpalan), B (pori-pori), C (spiral)



Edible film yang kurang kompak dan padat akan menghasilkan kuat tarik (*tensile strength*) yang rendah [24, 25]. Pori-pori (B) terlihat tidak rapat pada permukaan *edible film*. Hal ini dapat disebabkan oleh mangrove dan mokaf yang ukuran partikelnya cukup besar, yaitu 60-80 mesh. Kurang rapatnya struktur atau retakan dari serat-serat tersebut dapat menyebabkan air akan terserap lebih banyak. Formula F-H masih ditemukan struktur berbentuk spiral (C). Kondisi ini dapat diakibatkan oleh ukuran partikel yang masih besar dan ukuran tersebut merupakan derivat morfologi dari *Spirulina plantesis*.

PENUTUP

Kesimpulan

Hasil uji *edible film* terbaik antara spirulina dengan mangrove dan mokaf adalah dengan formula 1:2:6 dengan bahan dasar mikroalga *Spirulina plantesis* yang memiliki nilai rata-rata ketebalan sebesar 0,12 mm, nilai rata-rata kelarutan 8,63%, nilai rata-rata elongasi 17,7%, nilai tensile strength 1,33 Mpa, nilai modulus young 4,99 N/mm², WVTR 0,059 gr/m²s, WVP 1,8 gr/ms, kadar air 14,4%, dan biodegradable sebesar 1,01 g. Formula ini

<http://ejurnal.binawakya.or.id/index.php/MBI>

Open Journal Systems



sangat efektif untuk menahan migrasi uap air dan juga memiliki nilai kuat tarik tinggi sehingga mampu melindungi produk yang dikemasnya dari gangguan mekanis. Sementara karakteristik *edible film* dari mikroalga *Navicula sp.* tidak cocok untuk dijadikan *edible film*. Hal ini dikarenakan *edible* dari bahan *Navicula sp.* memiliki karakteristik yang lengket.

Saran

Perlu pengembangan penelitian lebih lanjut tentang *edible film* dengan formula dari spirulina, moka dengan menggunakan berbagai macam spesies tumbuhan mangrove dalam upaya penyediaan produk kemasan yang *biodegradable* dan tahan terhadap faktor mekanis dan fisiko-kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] McHugh, T. H., and Krochta, J. M., 1994, Milk protein based *edible films* and coatings. *J. Food Tech.*, No. 1, Vol. 48, pp. 97-103.
- [2] Krochta, J. M., and Johnstone, M., 1997, *Edible and biodegradable polymer film: challenges and opportunities*. *J. Food Tech.*, No. 2, Vol. 51, pp. 61 – 74.
- [4] Christwardana, M., Nur, M. A., dan Hadiyanto, 2013, *Spirulina plantesi: Potensinya sebagai bahan pangan fungsional*. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, No. 1, Vol. 2, pp. 1-4.
- [5] Darni, Y., dan Utami, H., 2010, Studi pembuatan dan karakteristik sifat mekanik dan hidrofobisitas bioplastik dari pati sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. No. 4, Vol. 7, pp. 88-93.
- [6] Sanjaya, I. G. M. H., dan Puspita, T., 2011, PKM Pengaruh penambahan khitosan plasticizer gliserol pada karakteristik plastik *biodegradable* dari pati limbah kulit singkong. *Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Noverber*, pp. 1-6.
- [7] Krisna, Adi., 2011, Pengaruh regelatinasi dan modifikasi hidrotermal terhadap sifat fisik pada pembuatan *edible film* dari pati kacang merah (*Vigna angularis sp.*). *Laporan Tesis Magister Teknik Kimia Universitas Diponegoro*, Semarang.
- [8] Cao, N., Fu, Y., and He, Je., 2007. Mechanical properties of gelatin film cross-linked, respectively, by feluric acid and tannin acid. *Food hydrocolloid*, No. 4, Vol. 21, pp. 575-584.
- [9] Gontard, N., dan Guilbert, S., 1992, Bio packaging: Technology and properties of *edible biodegradable material of agricultural origin in food packaging and preservation*. *The AVI. Publ. Inc.*, Westport Connecticut.
- [10] Druchta, J. M., dan Chaterine, D. J., 2004, An update on *edible films*. <http://www.csaceliacs.org.pdf> (diakses 7 Agustus 2018).
- [11] Gontard, N., Gulibert, S., and Cuq, J. L., 1993, Water and glycerol as plasticizer affect mechanical and water vapor barrier properties of an *edible wheat gluten film*. *Journal of Food Science*, No. 1, Vol. 58, pp. 206-211.
- [12] Subowo, W. S., dan Pujiastuti, S., 2003, Plastik yang terdegradasi secara alami (*biodegradable*) terbuat dari LDPE dan pati jagung terlapis. *Prosiding Simposium Nasional Polimer IV, Pusat Penelitian Informatika LIPI, Bandung*, pp. 203-208
- [13] Harmayani, E., Murdiyati, A., dan Griyaningsih, 2011, Karakteristik pati ganyong (*Canna edulis*) dan pemanfaatannya sebagai bahan pembuatan cookies dan cendol. *Agritech*, Vol. 31, pp. 297-304.
- [14] Salim, E., 2007, Mengolah Singkong Menjadi Tepung Mocaf (Bisnis Produk Alternatif Pengganti Terigu). *Lily Publisher*, Yogyakarta, pp. 9-42.
- [15] Murdianto, Wiwid, 2005, Sifat fisik dan mekanik *edible film* dari ekstrak daun janggolan (*Mesona palustris bl.*). *Jurnal Teknologi Pangan Universitas Mulawarman*, Samarinda.



- [16] Bourtoom, T., 2008, Edible film and coatings: Characteristics and properties, *Int. Food Res. J.*, No. 3, Vol. 15, pp. 1-12.
- [17] Nurindra, A. P., Alamsyah, M. A., dan Sudarno, 2015, Karakterisasi edible film dari pati propagul mangrove lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) dengan penambahan carboxymethyl cellulose (cmc) sebagai pemlastis. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, No. 2, Vol. 5, pp. 125-132.
- [18] Shen, X. L., Wu, J. M., Chen, Y., dan Zhao, G., 2010. Antimicrobial and physical properties of sweet potato starch films incorporated with potassium sorbate or chitosan. *Food Hydrocolloids*, Vol. 24, pp. 285-290.
- [19] Pramadita, R. C., 2011, Karakterisasi edible film dari tepung porang (*Amorphophallus oncophyllus*) dengan penambahan minyak atsiri kayu manis (*Cinnamon burmani*) sebagai antibakteri. *Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya*, Malang.
- [20] Jongjareonrak, A., Benjakul, S., Visessanguan, W., Tanaka, M., 2006, Effects of plasticizers on the properties of edible film from skin gelatin of big eye snapper and brown stripe red snapper. *European Food Research Technology*, Vol. 222, pp. 229- 235.
- [21] Barus, S. P., 2002, Karakteristik film pati biji nangka (*Artocarpus integra meur*) dengan penambahan cmc. *Skripsi Fakultas Biologi Universitas Atma Jaya*, Yogyakarta.
- [22] Winarno, F. G., dan Wirakartakusumah, M. A., 1981, Fisiologi Lepas Panen. *PT. Sastra Hudaya*, Jakarta, p. 251.
- [23] Surdia, N. M., 2000, Degradasi polimer. *Majalah Polimer Indonesia*, No. 1, Vol. 3, pp. 20-21.
- [24] Wang, L., Auty, M. A. E., Joe, P. K., 2010, Physical assessment of composite biodegradable films manufactured using whey protein isolate, gelatin and sodium alginate. *Journal Food Engineering*, Vol. 96, pp. 199-207.
- [25] Ariandoko, R., 2015, Aplikasi edible coating dari karagenan dan kitosan pada dodol rumput laut (*Euचेuma cottonii*): kajian proporsi bahan edible coating dan periode penyimpanan. *Skripsi*. Fakultas Pertanian-Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- [26] Denavi, G. A., Mateos, P. M., Anon, M. C., Montero, P., Mauri, A. N., and Guillen M. C. G., 2009, Structural and functional properties of soy protein isolate and cod gelatin blend film. *Food Hydrocolloids*, No. 8, Vol. 23, pp 2094-2101.