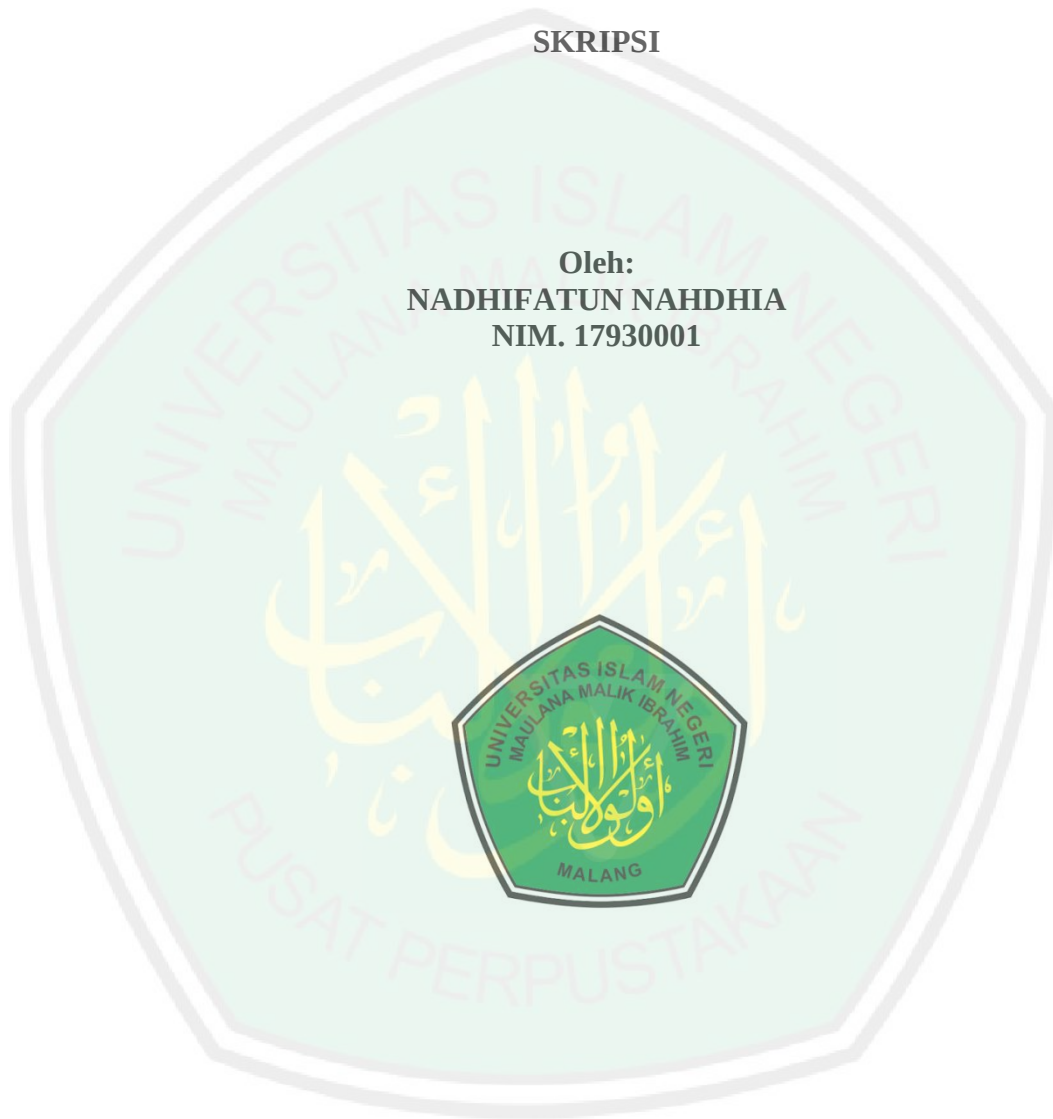


**LITERATURE REVIEW:
ANALISIS PENGARUH PLASTICIZER GLISEROL TERHADAP
KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* BERBASIS POLISAKARIDA
TANAMAN**

SKRIPSI

Oleh:
NADHIFATUN NAHDHIA
NIM. 17930001



**PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

LITERATURE REVIEW:
ANALISIS PENGARUH PLASTICIZER GLISEROL TERHADAP
KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* BERBASIS POLISAKARIDA
TANAMAN

SKRIPSI

Oleh:
NADHIFATUN NAHDHIA
NIM. 17930001

PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021

LITERATURE REVIEW:
ANALISIS PENGARUH PLASTICIZER GLISEROL TERHADAP
KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* BERBASIS POLISAKARIDA
TANAMAN

SKRIPSI

Diajukan kepada:
Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Farmasi (S.Farm.)

PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021

LITERATURE REVIEW:
ANALISIS PENGARUH PLASTICIZER GLISEROL TERHADAP
KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* BERBASIS POLISAKARIDA
TANAMAN

SKRIPSI

Oleh:
NADHIFATUN NAHDHIA
NIM. 17930001

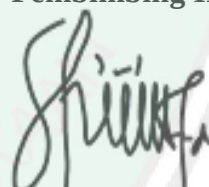
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal : 19 April 2021

Pembimbing I



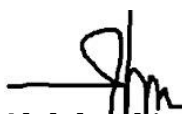
Dr. Begum Fauziyah, S.Si., M.Farm.
NIP. 19830628 200912 2 004

Pembimbing II



Dewi Sinta Megawati, M.Sc.
NIP. 19840116 20170101 2 125

Mengetahui,
Ketua Program Studi Farmasi



apt. Abdul Hakim, M.P.I., M.Farm.
NIP. 19761214 200912 1 002

LITERATURE REVIEW:
ANALISIS PENGARUH PLASTICIZER GLISEROL TERHADAP
KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* BERBASIS POLISAKARIDA
TANAMAN

SKRIPSI

Oleh:
NADHIFATUN NAHDHIA
NIM. 17930001

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Farmasi (S.Farm.)
Tanggal : 22 April 2021

Ketua Penguji : Dewi Sinta Megawati, M.Sc.
NIP. 19840116 20170101 2 125

()

Anggota Penguji : 1. Dr. Begum Fauziyah, S.Si., M.Farm.
NIP. 19830628 200912 2 004

()

2. apt. Hajar Sugihantoro, M.P.H.
NIP. 19851216 201903 1 008

()

3. Muhammad Amiruddin, Lc., M.Pd.
NIP. 19780317 20180201 1 218

()

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Farmasi


apt. Abdul Hakim, M.P.I., M.Farm.
NIP. 19761214 200912 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nadhifatun Nahdhia
NIM : 17930001
Program studi : Farmasi
Fakultas : Kedokteran dan Ilmu Kesehatan
Judul Penelitian : *Literature Review: Analisis Pengaruh Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Film Berbasis Polisakarida Tanaman*

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-banar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 22 April 2021

Yang membuat pernyataan,



Nadhifatun Nahdhia

NIM. 17930001

MOTTO

Setiap orang punya target kesuksesan. Jangan berharap datangnya instan, karena yang serba instan selalu membawa efek samping yang tidak diharapkan

Jangan pernah berharap cepat. Lalui proses dan tahapannya dengan sabar dan cermat. Karena hasil yang didapat dengan cepat hilangnya juga cepat.

~ Ustadz. Muhammad Nasrullah, S.H ~

Lakukan segala sesuatu dengan cinta dan senyuman.

المحبة و الابتسام

LEMBAR PERSEMBAHAN

Penelitian tugas akhir serta gelar S.Farm. yang telah diperoleh ini, penulis persembahkan dengan penuh kerendahan hati kepada Alm. Bapak tercinta serta Umik terkasih atas segala doa, harapan, ikhtiar, dan segala bentuk tirakatnya yang selalu mengharapkan penulis untuk bisa menjadi anak yang sholihah, wanita yang tangguh, kuat, bisa membahagiaan keluarga, sukses di masa depan, dan bisa bahagia di dunia dan akhirat.

Terimakasih Bapak, Umik...

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Syukur alhamdulillah penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus menyelesaikan tugas akhir/skripsi ini dengan baik.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring doa dan harapan *jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Abdul. Haris, M.Ag. selaku Rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengizinkan penulis untuk menimba pendidikan di universitas ini,
2. Ibu Prof. Dr. dr. Yuyun Yueniwati P.W., M.Kes., Sp.Rad(K). selaku Dekan Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa mendukung dengan berbagai kebijakannya dalam terlaksananya seluruh program di FKIK UIN Malang,
3. Bapak apt. Abdul Hakim, M.P.I., M.Farm. selaku ketua jurusan di Program Studi Farmasi yang selalu mendukung mahasiswa farmasi untuk berprestasi dengan segala kebijakannya,
4. Ibu Dr. Begum Fauziyah, S.Si., M.Farm. selaku pembimbing I yang senantiasa memberikan perhatian, waktu, dan tenaga untuk selalu membimbing penulis dengan penuh kesabaran,
5. Ibu Dewi Sinta Megawati, M.Sc. selaku pembimbing II yang turut pula mengarahkan penulis dalam penulisan skripsi ini,
6. Bapak apt. Hajar Sugihantoro, M.P.H. selaku penguji utama dalam ujian skripsi atas segala masukan yang telah diberikan,
7. Ustadz Muhammad Amirudiin, Lc., M.Pd. selaku penguji agama atas segala nasihat dan bimbingannya,
8. Seluruh civitas akademik di Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UIN Maulana Malik Ibrahim Malang baik dosen, admin, dan karyawan, terutama kepada Bapak Yuwono, S.Sos. yang selalu bersedia memberikan fasilitas demi terlaksananya studi di program studi ini,
9. Alm. Bapak Fathulloh dan Umik Hj. Hikmah tercinta yang semoga mendapatkan keberkahan dan kebahagiaan selalu, doa dan tirakat beliau yang telah mengantarkan penulis hingga pada tahap ini,
10. Kakak dan seluruh keluarga penulis yang selalu memberikan kebahagiaan tak terhingga,
11. Teman seperjuangan farmasi 2017 dalam penyusunan tugas akhir, terutama Fatimatus Sholihah yang tiada hentinya selalu mengingatkan untuk semangat menyusun naskah ini, semoga kita sama-sama sukses di masa depan,

12. Kakak tingkat Choirul Zani'ah S.Farm. yang kerap penulis jadikan pembimbing ketiga demi terselesaikannya skripsi ini,
13. Teman-teman Mahad Al-Jami'ah Al-Aly UIN Maulana Malik Ibrahim Malang angkatan pertama "Sanabarq" atas segala kebaikan dan kesediaannya untuk menerima seluruh keluhan penulis,
14. dan kepada semua pihak yang telah mendukung dengan doa, hadiah, serta ucapan semangat kepada penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi, *amin ya rabbal alamin*.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, April 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	14
1.3 Tujuan Penelitian	14
1.4 Manfaat Penelitian	15
1.4.1 Manfaat Akademik	15
1.4.2 Manfaat Praktis	15
1.5 Batasan Masalah	16
BAB II METODE PENELITIAN	17
2.1 Jenis Penelitian	17
2.2 Pengumpulan Data	17
2.2.1 Sumber Data	17
2.2.2 Strategi Pengumpulan Data	17
2.2.3 Kriteria Inklusi dan Eksklusi	19
2.3 Analisis Data	20
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	21
3.1 Hasil Seleksi Artikel	21
3.2 Karakteristik Artikel	22
3.3 Data Jurnal yang Dianalisis	22
3.4 Kerangka Konseptual	26
3.4.1 Uraian Kerangka Konseptual	27
3.5 Analisis Data	28
3.5.1 Karakteristik Nilai Kuat Tarik dan Elongasi <i>Edible film</i> Berbasis Polisakarida Tanaman	28
3.5.2 Pengaruh <i>Plasticizer</i> Gliserol terhadap Nilai Kuat Tarik dan Elongasi <i>Edible film</i> Berbasis Polisakarida Tanaman	55
3.6 Kajian Penelitian dalam Perspektif Islam	73

BAB IV PENUTUP	81
4.1 Kesimpulan	81
4.2 Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN.....	93



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram <i>prisma guideline</i>	19
Gambar 3.1	Diagram jumlah artikel berdasarkan tahun publikasi	21
Gambar 3.2	Bagan kerangka konseptual	26
Gambar 3.3	Struktur (a) amilosa, (b) amilopektin	31
Gambar 3.4	Struktur CMC	34
Gambar 3.5	Spektra IR dari film berbasis pati singkong dengan dan tanpa CMC, a) film pati singkong; b,c,d,e) film kombinasi pati dan 10, 20, 30, 40% CMC, f) film CMC.....	43
Gambar 3.6	Mekanisme reaksi esterifikasi	45
Gambar 3.7	Proses reaksi sintesis CMC	48
Gambar 3.8	Spektra IR dari a) selulosa jerami padi, b) CMC jerami padi	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	<i>Tracking</i> pencarian artikel	18
Tabel 3.1	20 jurnal terpilih yang akan dianalisis	22
Tabel 3.2	Sumber polisakarida sebagai bahan pembuatan <i>edible film</i>	30
Tabel 3.3	Kadar amilosa dan amilopektin dalam beberapa sumber pati	32
Tabel 3.4	Nilai kuat tarik dan elongasi <i>edible film</i> dari artikel yang tidak memvariasikan <i>plasticizer</i> gliserol.....	37
Tabel 3.5	Spektra IR dari film berbasis pati singkong dengan dan tanpa CMC	43
Tabel 3.6	Spektra IR dari selulosa dan CMC jerami padi.....	49
Tabel 3.7	Nilai kuat tarik dan elongasi <i>edible film</i> dari artikel yang memvariasikan <i>plasticizer</i> gliserol.....	57

DAFTAR SINGKATAN

ASTM	: <i>American Standart Testing and Material</i>
BPS	: <i>Badan Pusat Statistik</i>
CMC	: <i>Carboxymethyl Cellulose</i>
CMC-Na	: <i>Natrium Carboxymethyl Cellulose</i>
DS	: <i>Derajat Substitusi</i>
EB	: <i>Elongation at Break</i>
FTIR	: <i>Fouries Transform Infrared Spectroscopy</i>
HB	: <i>Hydrogen Density</i>
IR	: <i>Infra Red</i>
JIS	: <i>Japanese Industrial Standart</i>
LDPE	: <i>Low Density Polyethylene</i>
LLDPE	: <i>Linier Low Density Polyethylene</i>
Na-MCA	: <i>Natrium Monokloroasetat</i>
PP	: <i>Polypropylene</i>
PVA	: <i>Polivinil Alkohol</i>
QS	: <i>Quran Surat</i>
RH	: <i>Relative Humidity</i>
Susenas	: <i>Survei Sosial Ekonomi Nasional</i>
TE	: <i>Tensile Elongasi</i>
TS	: <i>Tensile Strenght</i>

ABSTRAK

Nahdhia, Nadhifatun. 2021. ***Literature Review: Analisis Pengaruh Plasticizer Gliserol terhadap Karakteristik Edible Film Berbasis Polisakarida Tanaman***. Skripsi. Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Dr. Begum Fauziyah, S.Si., M.Farm.; Pembimbing II: Dewi Sinta Megawati, M.Sc.

Edible film berbasis polisakarida dikembangkan sebagai alternatif pengganti plastik sintetik yang dinilai dapat mencemari lingkungan. Bahan *edible film* dapat berasal dari pati maupun selulosa dan derivatnya, seperti CMC. Pati dan selulosa mudah ditemukan di alam, jumlahnya melimpah, dan bernilai halal sebagai bahan baku film. Untuk menghasilkan film dengan sifat mekanik yang baik, *edible film* dibuat dengan mengombinasikan dua jenis polisakarida, seperti antara pati dan CMC serta dengan menambahkan gliserol sebagai *plasticizer*. Tujuan dari *literature review* ini yaitu untuk menganalisis pengaruh jenis polisakarida serta pengaruh adanya *plasticizer* gliserol terhadap sifat mekanik film, yaitu terkait nilai kuat tarik dan elongasi film. Penyeleksian artikel dilakukan dengan menggunakan *database* ScienceDirect, Springer Link, ACS Publications dan Semantic Scholar dengan kata kunci *film*, *starch*, *CMC*, dan *glycerol*. Dari penyeleksian artikel didapatkan 20 jurnal yang selanjutnya dianalisis menggunakan metode *systematic review* dalam bentuk *meta-synthesis*. Hasil yang didapatkan yaitu polisakarida film yang dikombinasikan serta larutan NaOH dalam proses sintesis CMC dapat menaikkan nilai kuat tarik dan elongasi film. Sedangkan gliserol, kadar amilopektin dalam pati, dan kondisi kelembaban udara dapat menurunkan nilai kuat tarik namun menaikkan nilai elongasi film.

Kata kunci: *Edible film*, Pati, Karboksimetil selulosa, Gliserol

ABSTRACT

Nahdhia, Nadhifatun. 2021. ***Literature Review: The Analysis of Glycerol Plasticizer Effect on Polysaccharide-Based Edible Films.*** Thesis. Department of Pharmacy, Faculty of Medical and Health Science, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Supervisor I: Dr. Begum Fauziyah, S.Si., M.Farm.; Supervisor II: Dewi Sinta Megawati, M.Sc.

Polysaccharide-based edible films were developed as an alternative to synthetic plastics, which are considered to pollute the environment. The edible film material can be derived from starch or cellulose and its derivatives, such as CMC. Starch and cellulose are easy to find in nature, abundant, and have halal value as film raw materials. To produce films with good mechanical properties, edible films are made by combining two polysaccharide, such as starch and CMC, and by adding glycerol as a plasticizer. The purpose of this literature review is to analyze the effect of the type of polysaccharide used and the effect of glycerol plasticizer on the mechanical properties of the film, namely the tensile strength and elongation at break. The selection of articles was carried out using database ScienceDirect, Springer Link, ACS Publications and Semantic Scholar with the keywords film, starch, CMC, and glycerol. From the selection of articles, 20 journals were analyzed through the systematic review method in the form of meta-synthesis. The results obtained are the combined film polysaccharide, and NaOH solution in the CMC synthesis process can increase the tensile strength and elongation values. Meanwhile, glycerol, amylopectin content in starch, and relative humidity conditions can decrease the tensile strength value but increase the elongation value.

Keywords: *Edible film, Starch, Carboxymethyl cellulose, Glycerol*

مستخلص البحث

النهضية، نظيفة. ٢٠٢١. مراجعة منهجية: أثر الغليسول الملين على خصائص الغلاف الصالح للأكل المصنوع من عديدات السكاكر النباتية... بحث جامعي. قسم الصيدلة، كلية الطب والعلوم الصحية بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرفة الأولى: الدكتورة بيغوم فوزية. المشرفة الثانية: ديوي سنتاميغا واتى الماجستير.

الغلاف الصالح للأكل المصنوع من عديد السكاكر تم تطويره كبديل للبلاستيك الصناعي الذي يعتبر ملوثا للبيئة. مادة الغلاف الصالح للأكل يمكن أن تشتق من النشاء أو من السيللوز ومشتقاته مثل الكربوكسي ميثيل سيللوز. تجدد النشاء والسيللوز بسهولة في الطبيعة، وبوفرة، ولهما قيمة حلال كمواضع للغلاف. لكي ينتج الغلاف بخصائص ميكانيكية جيدة فإنه يصنع بالمزج بين نوعين من بوليميرات عديد السكاكر مع إضافة الغليسول كمادة ملينة. كان هدف هذه مراجعة منهجية هو تحليل أثر نوع عديد السكاكر وأثر الغليسول الملين على الخصائص الميكانيكية للغلاف التي تضمنت: قوة الشد والنسبة المئوية للاستطالة عند الكسر. تم اختيار مقالات البحث باستخدام قواعد بيانات سينس ديريك، سيببغير لين، و ج س بوبليكاسين، سيمينتيك سكولار مع الكلمات المفتاحية: غلاف، نشاء، كربوكسي ميثيل سيللوز، و غليسول. وكانت المواد الإجمالية التي تم الحصول عليها ٢٠ مقالة. ثم حللت بأسلوب المراجعة المنهجية على شكل تحليل تلوي. أظهرت النتائج أن الدمج بين نوعين من عديد السكاكر وإضافة هيدروكسيد الصوديوم أثناء عملية تصنيع الكربوكسي ميثيل سيللوز يمكن أن يزيد قيم من قوة الشد والاستطالة عند الكسر. بينما غليسول، و مستويات الأميلوبكتين في النشاء، و رطوبة يمكن أن يناقص قوة الشد و تزيد الاستطالة عند الكسر.

الكلمات المفتاحية: غلاف صالح للأكل، نشاء، كربوكسي ميثيل سيللوز، غليسول

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Inovasi produk pangan yang semakin berkembang mendorong produksi kemasan pangan juga semakin meningkat setiap tahunnya. Pengemas digunakan untuk menjaga pangan agar terhindar dari kontak langsung dengan udara (Lismawati, 2017). Adanya kontak langsung dengan udara dapat mengurangi umur simpan pangan serta pangan mudah mengalami oksidasi, berbau tengik, bahkan berjamur yang dapat mempengaruhi kualitas dan nilai ekonomis dari pangan. Jenis kemasan pangan bermacam-macam seperti plastik, kertas, kaleng, maupun kaca. Adapun bahan pengemas yang sangat digemari dan sering digunakan oleh masyarakat adalah plastik (Khotimah, 2006).

Plastik merupakan polimer sintesis yang terbentuk dari suatu monomer yang terikat secara bersama membentuk makromolekul besar (Proshad *et al.*, 2017), memiliki berat molekul besar, jumlah cincin aromatik yang tinggi, serta ikatan yang kompleks (Syamsu dkk., 2008). Penggunaan plastik yang sangat digemari tidak lepas dari kelebihan yang dimiliki oleh plastik itu sendiri. Plastik memiliki sifat stabil, murah, ringan, tahan air, transparan, fleksibel, kuat, dan dapat dibuat sesuai warna yang diinginkan (LaPlaca, 2000; Proshad *et al.*, 2017)

Berdasarkan data dari Gourmelon *et al.* (2015), diperkirakan sekitar 300 juta ton plastik di dunia diproduksi setiap tahun dan sampah plastik yang dihasilkan diperkirakan pula mendekati angka tersebut. Data dari Badan Pusat

Statistik (BPS) pada tahun 2016 menyebutkan bahwasanya sampah plastik di Indonesia mencapai 65 juta ton per tahun dengan penduduk sebanyak 261 juta jiwa dan diperkirakan timbunan sampah tersebut akan bertambah setiap tahunnya seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk (BPS, 2018). Jambeck *et al.* (2015) menyatakan bahwa Negara Indonesia merupakan negara dengan jumlah sampah plastik terbesar nomor 2 di dunia setelah Negara China yaitu mencapai 187,2 juta ton.

Bahan plastik yang berasal dari minyak bumi menyebabkan plastik sulit diuraikan oleh mikroorganisme dikarenakan tidak adanya enzim yang dapat menguraikannya (Chandra & Rustgi, 1998). Berdasarkan data dari Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) tahun 2017 terkait sikap masyarakat terhadap sampah rumah tangga termasuk plastik, dinyatakan bahwa 66,8% sampah tersebut dihancurkan dengan cara dibakar, 32% dibuang dan ditimbun baik di darat maupun di laut, dan sisanya yaitu 1,2% dilakukan proses daur ulang (BPS, 2018). Tindakan masyarakat yang masih banyak melakukan pembakaran dan penimbunan terhadap sampah akan berdampak pada kondisi lingkungan dan kesehatan masyarakat sekitar.

Pembakaran sampah dapat menimbulkan pencemaran udara serta dapat menghasilkan senyawa beracun yaitu dioksin yang dapat memicu penyakit kanker dan gangguan saraf. Bahan plastik apabila dipanaskan akan terjadi kontaminasi produk melalui perpindahan monomernya (Setyaningrum dkk., 2017). Selain itu asap hasil pembakaran bahan plastik dapat menghasilkan gas beracun yaitu hidrogen sianida yang berasal dari polimer berbahan dasar akrilonitril dan karbon

monoksida (CO) sebagai hasil pembakaran yang tidak sempurna. Kedua gas ini merupakan gas yang membahayakan kesehatan (Purwaningrum, 2016).

Penimbunan sampah baik di darat juga dapat mencemari lingkungan. Mineral-mineral di dalam tanah baik organik maupun anorganik semakin berkurang karena adanya plastik yang tidak dapat terurai oleh mikroorganisme. Tanah akan kekurangan oksigen sehingga hewan pengurai yang hidup di tanah dapat mati dan ini dapat berdampak pada kesuburan tanah (Purwaningrum, 2016). Begitu pula pada sampah yang dibuang di laut. Dari jumlah sampah plastik berdasarkan data dari BPS yang telah disebutkan sebelumnya, tercatat 3,2 juta ton di antaranya di buang di laut (BPS, 2018). Hal ini akan berdampak pada ekosistem laut yang ada. Ekosistem Indonesia berada dalam bahaya besar akibat kebocoran sampah yang terus berlangsung seperti halnya yang termuat dalam kajian mengenai Hotspot Sampah Laut di Indonesia (World Bank Group, 2018).

Salah satu cara untuk dapat mengurangi permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh penggunaan bahan pengemas plastik yaitu dengan menggunakan bahan yang mudah terurai, seperti daun pisang namun bahan ini tidak dapat bertahan lama. Bahan yang lain adalah *edible film*. *Edible film* merupakan lapisan tipis yang digunakan untuk melapisi makanan yang berfungsi sebagai penahan terhadap transfer massa seperti kadar air, oksigen, lemak, dan cahaya atau berfungsi sebagai pembawa bahan tambahan pangan (Darni & Rakhman, 2017). *Edible film* termasuk dalam jenis polimer bahan alam atau disebut biopolimer. Kelebihan bahan ini di antaranya tidak mencemari lingkungan, menjaga mutu bahan pangan, memperbaiki sifat organoleptis produk yang dikemas, dapat

dimakan bersamaan dengan produk yang dikemas, serta sebagai zat antimikroba dan antioksidan (Lismawati, 2017).

Terdapat beberapa penelitian yang telah mengaplikasikan *edible film* sebagai pengemas produk buah dan sayur seperti untuk pengemas buah blewah segar dengan menggunakan *edible film* berbasis metilselulosa (Krasaekoopt *et al.*, 2008), pada salad buah dengan *edible film* berbasis tepung tapioka (Chiu & Lai, 2010), pengemas kentang dari *edible film* berbasis alginat (Mitrakas *et al.*, 2008) dan pengemas wortel dari *edible film* berbasis kitosan (Simoes *et al.*, 2009). Selain itu Estiningtyas (2010) pada penelitiannya juga telah membuat *edible film* dari tepung maizena sebagai pengemas dalam produk sosis sapi. *Edible film* juga dapat diaplikasikan dalam bidang farmasi yaitu sebagai bahan pembuatan cangkang kapsul, seperti penelitian dari Ihsan dkk (2018) dengan menggunakan pati sagu rumbia serta Nisak (2018) dan Zani'ah (2020) dengan bahan dasar CMC-Na ampas tebu.

Bahan pembuat *edible film* dikelompokkan menjadi 4 komponen yaitu polisakarida (selulosa dan derivatnya, pati dan derivatnya, getah, kitosan, dan lain-lain), protein (gelatin, zein, gluten), lipida (lilin, lipid atau turunannya) dan poliester (poli-D- β -hidroksibutirat, asam polilaktat, dan lain sebagainya). Bahan dari polisakarida dan protein memiliki sifat mekanis dan optik yang sesuai namun sangat sensitif terhadap adanya kelembaban dan memiliki sifat penghalang uap air yang buruk (Wright & Hall, 1994). Film dari polisakarida lebih kuat dan lebih dapat dikembangkan daripada film berbasis protein (Tongdeesoontorn *et al.*, 2011). Sedangkan bahan dari lipid dan poliester memiliki sifat penghalang uap air

yang baik namun buram dan tidak fleksibel. Film dari lipid juga bisa sangat rapuh dan tengik (Wright & Hall, 1994).

Komponen polisakarida seperti pati, selulosa dan turunannya menjadi bahan *edible film* yang banyak digunakan dikarenakan jumlahnya yang melimpah serta bernilai lebih murah daripada komponen lainnya (Suriyatem *et al.*, 2019; Fauziyah *et al.*, 2021). Selain itu, pati dan selulosa memiliki kelebihan sebagai sumber bahan baku halal karena berasal dari tanaman. Pembuatan film yang berasal dari bahan halal, tentu menjadi peluang yang dapat dikembangkan lebih lanjut oleh industri mengingat mayoritas penduduk di Indonesia beragama Islam (Fauziyah, 2021).

Telah banyak penelitian mengenai pembuatan *edible film* berbasis polisakarida seperti dengan menggunakan pati kacang polong (Xiaofei Ma *et al.*, 2008), selulosa ampas tebu (Asl *et al.*, 2017; Gupta *et al.*, 2020), sekam padi (Gupta *et al.*, 2020), selulosa dari kulit durian (Suriyatem *et al.*, 2019), kombinasi pati jagung dan CMC (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010), maupun kombinasi pati singkong dan CMC (Tongdeesoontorn *et al.*, 2011). Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa *edible film* dapat dibuat dari komponen polisakarida yang berasal dari tanaman.

Allah SWT berfirman dalam QS. Thaha [20] ayat 53 yaitu:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَوَسَّلَكَ لَكُم فِيهَا سُبُلًا وَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً ۖ فَخَرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِّن نَّبَاتٍ
شَتَّىٰ (٥٣) كُلُوا وَارْعَوْا أَنْعَامَكُمْ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّأُولِي النُّهَىٰ (٥٤)

Artinya: "(Tuhan) yang telah menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu, dan menjadikan jalan-jalan di atasnya bagimu, dan yang menurunkan air (hujan) dari langit. Kemudian Kami tumbuhkan dengannya (air hujan itu) berjenis-jenis aneka macam tumbuh-tumbuhan. Makanlah dan gembalakanlah hewan-hewanmu.

Sungguh, pada yang demikian itu, terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal" (QS. Thaha [20]: 53-54)

Prof. Dr. AG. H. Muhammad Quraish Shihab, Lc., M.A. dalam Tafsir al-Misbah menafsirkan ayat tersebut dengan perkataan beliau yaitu: “Dia, yakni Tuhan itu juga *Yang telah menjadikan bagi kamu di bumi itu jalan-jalan yang mudah kamu tempuh, dan menurunkan dari langit air, yakni hujan sehingga tercipta sungai-sungai dan danau, maka Kami tumbuhkan dengannya, yakni dengan perantaraan hujan itu berjenis-jenis tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam jenis, bentuk, rasa, warna dan manfaatnya. Itu semua Allah ciptakan buat kamu dan binatang-binatang kamu, karena itu makan dan gembalakanlah binatang-binatang kamu. Sesungguhnya pada yang demikian itu, terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah bagi orang-orang yang berakal.*” (Shihab, 2002).

Ayat tersebut mengandung pengertian bahwasanya Allah SWT menciptakan berbagai macam jenis tumbuhan yang hidup di muka bumi ini dengan berbagai macam manfaat baik manfaat tersebut dapat diperoleh secara langsung maupun harus dengan adanya pengolahan terlebih dahulu. Manfaat tumbuhan tersebut merupakan salah satu hidayah dan pemberian dari Allah agar manusia dapat menggunakan dengan sebaik-baiknya.

Allah SWT juga menjelaskan bahwasanya akan ada hikmah di balik setiap penciptaan-Nya termasuk dalam penciptaan berbagai macam tumbuhan bagi orang-orang yang berakal. Maksud dari orang-orang yang berakal telah dijelaskan lebih lanjut oleh Allah dalam QS. Ali-Imran [3] ayat 190-191, yaitu:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ (١٩١) الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَفُغُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ ۖ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا ۖ سُبْحَنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ (١٩٢)

Artinya : "Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Maha Suci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka." (QS. Ali 'Imran [3]: 190-191)

Senang (2016) dalam jurnalnya, yang mengutip dari tafsir Al-Maraghi, menjelaskan bahwa yang dinamakan orang yang berakal atau *ulul albab* adalah orang yang membuka akal dan pikirannya untuk melihat, menyimpulkan, dan mengambil pelajaran dalam setiap keajaiban penciptaan Allah SWT. Ayat ini menjadi kabar atau berita serta perintah untuk terus menelaah mengenai setiap hal yang diciptakan Allah. Sebagai seorang mahasiswa dan peneliti, tentu pula menjadi motivasi agar selalu dapat mengembangkan dan meneliti ciptaan tersebut, salah satunya meneliti terkait manfaat dari tumbuhan yang belum banyak diketahui orang lain. Lebih lanjut lagi dalam QS. Ali-Imran ayat 191 Allah SWT menjelaskan bahwasanya tidak ada yang sia-sia di muka bumi ini seperti halnya tanaman yang dapat dimanfaatkan bagian pati dan selulosanya sebagai bahan pembuatan *edible film*.

Pati merupakan golongan polimer yang tersusun atas rantai panjang glukosa. Ikatan glukosa dalam pati dihubungkan oleh rantai atom oksigen α -1,4. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi yang tidak terlarut disebut amilopektin. Pada umumnya pati mengandung amilopektin lebih banyak daripada amilosa (Nisah, 2018). Pati

dengan kadar amilosa lebih besar, lebih bersifat higroskopis daripada pati yang mengandung kadar amilosa lebih rendah. Hal ini disebabkan struktur amilosa memungkinkan adanya pembentukan ikatan hidrogen antarmolekul glukosa penyusunnya (Cano *et al.*, 2014). Pati dapat diperoleh dari biji-bijian, umbi-umbian, sayuran, maupun buah-buahan. Sumber alami pati antara lain adalah jagung, labu, kentang, ubi jalar, pisang, beras, dan lainnya (Herawati, 2016; Kerheli *et al.*, 2015).

Kandungan amilopektin dalam pati berpengaruh terhadap kestabilan film sedangkan amilosa dapat mempengaruhi kekompakan film (Yulianti & Ginting, 2012). Cano *et al.* (2014) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa film yang terbuat dari pati kacang polong (amilosa: 24,9%), kentang (amilosa: 17,9%) dan singkong (amilosa: 9%) secara berurutan memiliki nilai kuat tarik dan elastisitas yaitu 14,2 MPa dan 10% untuk kacang polong, 3,04 MPa dan 29% untuk kentang, serta 1,7 MPa dan 48% untuk singkong. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa film yang terbuat dari pati yang lebih kaya amilosa akan menghasilkan film yang lebih kaku tetapi kurang elastis (Cano *et al.*, 2014).

Jenis polisakarida lain sebagai bahan dari *edible film* yaitu selulosa dan turunannya. Selulosa ($C_6H_{10}O_5$)_n adalah suatu senyawa yang memiliki berat molekul tinggi dengan unit β -D-glukopiranosil yang digabungkan oleh atom oksigen tunggal antara C-1 dari cincin piranosa dan C-4 dari cincin berikutnya (Asl *et al.*, 2017). Selulosa merupakan substansi yang tidak larut dalam air yang mudah ditemukan pada tanaman terutama pada bagian yang mengandung jaringan kayu seperti batang dan tangkai. Di alam, selulosa berasosiasi dengan polisakarida

lain seperti hemiselulosa dan lignin membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan (Aditama & Ardhyana, 2017; Fauziyah, 2021).

Selulosa tanaman harus diisolasi terlebih dahulu untuk memisahkan selulosa dari bagian dinding sel tanaman yang lain seperti hemiselulosa dan lignin (Aditama & Ardhyana, 2017; Fauziyah *et al.*, 2020). Isolasi selulosa dilakukan dengan beberapa tahapan. Pertama yaitu tahap pra-hidrolisis yang bertujuan untuk memperlunak bahan dan mempercepat pemutusan ikatan pentosa (hemiselulosa) (Asl *et al.*, 2017; Fauziyah *et al.*, 2020). Tahap berikutnya adalah delignifikasi. Proses delignifikasi bertujuan untuk melarutkan kandungan lignin dari bahan sehingga mempermudah pemisahan lignin dengan bahan. Delignifikasi dapat dilakukan dengan menggunakan bahan kimia NaOH, Na₂SO₃, dan Na₂SO₄ (Sumada dkk., 2011). Tahap berikutnya yaitu *bleaching*. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menghilangkan sisa lignin dan karbohidrat yang tidak terpisah (Haafiz *et al.*, 2013). Proses ini dilakukan dengan cara merendam serat menggunakan H₂O₂ 2% maupun NaOCl 5% selama 2 jam pada suhu 60°C (Sumada dkk., 2011). Residu yang dihasilkan dari proses ini akan berwarna putih. Selanjutnya residu dikeringkan dengan menggunakan oven 50°C selama 12-24 jam (Sun *et al.*, 2004).

Selulosa dapat diaplikasikan dalam serat asli (dalam industri tekstil dan kertas) atau bentuk turunannya seperti metilselulosa dan *carboxymethyl cellulose* (CMC) yang larut dalam air (Asl *et al.*, 2017). CMC banyak digunakan dalam bidang farmasi, industri makanan, kosmetik, detergen, pelumas, dan perekat, serta menjadi bahan dalam pembuatan *edible film* (Asl *et al.*, 2017; Gupta *et al.*, 2020).

CMC merupakan turunan dari selulosa yang dikarboksimetilasi, termasuk eter polimer linier dengan gugus karboksimetilasi ($-\text{CH}_2\text{COOH}$) yang terikat pada beberapa gugus OH dari monomer glukopiranos. CMC terbentuk ketika selulosa bereaksi dengan asam monokloroasetat atau garam natriumnya dalam kondisi basa dengan adanya pelarut organik (Asl *et al.*, 2017).

CMC disintesis melalui dua tahap yaitu alkalisasi dan karboksimetilasi. Alkalisasi dilakukan menggunakan NaOH yang bertujuan untuk mengaktifkan gugus-gugus OH pada molekul selulosa. Sedangkan proses karboksimetilasi dapat dilakukan dengan menggunakan reagen natrium monokloroasetat (Na-MCA). Pada proses ini gugus $-\text{OH}$ pada selulosa digantikan oleh $\text{ClCH}_2\text{COONa}$. CMC yang terbentuk yang selanjutnya disebut dengan CMC-Na dimurnikan dengan cara dinetralkan menggunakan asam asetat glasial. Kemudian dicuci dengan etanol 70% untuk menghilangkan garam yang tidak diinginkan. CMC-Na yang diperoleh kemudian dikeringkan pada suhu 55°C dalam oven (Asl *et al.*, 2017). Selain sebagai bahan edible film, CMC juga dapat diaplikasikan sebagai bahan eksipien dalam suatu sediaan farmasi dengan fungsi yaitu sebagai *stabilizing agent*, *suspending agent*, disintegran dalam sediaan kapsul maupun tablet, serta sebagai pengikat dalam pembuatan tablet (Rowe *et al.*, 2009).

Tongdeesoontorn *et al.* (2011) dalam jurnalnya menyebutkan bahwasanya film yang terbuat dari 1 jenis polisakarida seperti pati memiliki kelemahan yaitu didapatkan film yang kurang kuat dan permeabilitas terhadap kelembaban yang masih tinggi. Hal ini dapat diatasi dengan menambahkan atau mengombinasikan 2 jenis polisakarida, seperti antara pati dan CMC. Pengombinasian lain juga dapat

dilakukan antara pati dan kitosan (Bourtoom & Chinnan, 2008), pati dan gelatin (Al-Hassan & Norziah, 2012), maupun pati dan gum (Saber *et al.*, 2016) dengan tujuan yang sama yaitu untuk memperoleh film dengan sifat mekanik yang lebih baik.

Kombinasi antara pati - CMC pernah dilakukan oleh Ghanbarzadeh *et al.* (2010), Ma *et al.* (2008), Tongdeesontorn *et al.* (2011), dan Tavares *et al.* (2019) dengan tujuan agar didapatkan *edible film* dengan sifat mekanik yang lebih kuat, lentur, serta dapat mengurangi permeabilitas uap air dari film yang sulit didapatkan jika hanya berbahan dasar pati. Hal itu didasarkan pada kesamaan struktur kimia antara pati dan CMC sehingga dapat memberikan kompatibilitas yang baik di antara keduanya (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010). Li *et al.* (2008) dalam penelitiannya terhadap film kombinasi pati beras dan CMC mengamati adanya hubungan silang antara pati beras dan CMC yang disebabkan oleh ikatan ester antara gugus hidroksil di cabang amilopektin pati dan asam karboksil kelompok CMC sehingga dihasilkan film yang lebih kuat.

Pengembangan produk *edible film* dari pati maupun CMC memiliki kelemahan yaitu menghasilkan sifat tarik yang buruk dan permeabilitas uap air yang tinggi. Hal itu disebabkan karena sifat hidrofilik dan kepekaan selulosa dan pati terhadap kadar air merupakan faktor yang sulit dihilangkan (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010). Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan penambahan *plastizicer* (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010; Tongdeesontorn *et al.*, 2011).

Plasticizer didefinisikan sebagai zat non volatil, bertitik didih tinggi, dan dapat mengubah sifat fisik dari suatu material seperti pada film. *Plasticizer*

berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekular dalam polimer dan meningkatkan jarak antar molekul dari polimer, sehingga film akan lentur ketika dibengkokkan (Rodríguez *et al.*, 2006). *Plasticizer* yang bisa digunakan yaitu air, gliserol, sorbitol, polietilen glikol, manitol, sukrosa dan polihidroksi lain yang memiliki berat molekul rendah (Souza *et al.*, 2012). Gliserol dan sorbitol merupakan *plasticizer* yang paling sering digunakan karena faktor stabilitasnya (Tongdeesontorn *et al.*, 2011).

Sukrosa dapat digunakan sebagai *plasticizer* dengan keuntungan tidak beracun dan biaya yang lebih murah daripada sorbitol dan gliserol. Namun sering kali sukrosa mengalami kristalisasi yang dapat mengganggu produksi *edible film* (Veiga-Santos *et al.*, 2008). Adapun antara gliserol dan sorbitol, Lai *et al.* (2006) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa pada kadar air tertentu dan untuk menghasilkan nilai *tensile elongasi* (TE) yang sama, diperlukan konsentrasi sorbitol yang lebih tinggi daripada gliserol. Beberapa penelitian menyatakan bahwa gliserol merupakan *plasticizer* terbaik untuk polimer yang larut air. Gugus hidroksil dalam gliserol dapat mempengaruhi interaksi antar dan intramolekul dalam rantai polimer sehingga dapat menghasilkan film dengan struktur yang lebih fleksibel (Souza *et al.*, 2009).

Karakteristik yang dapat diuji dari film dapat berupa uji kuat tarik film, persen perpanjangan, kelarutan, dan permeabilitas uap air (Asl *et al.*, 2017; Gupta *et al.*, 2020; Suriyatem *et al.*, 2019). Adanya penambahan gliserol sebagai *plasticizer* sangat berpengaruh terhadap nilai kuat tarik dan elongasi dari film

berbasis polisakarida baik tunggal maupun kombinasi. Kuat tarik (*tensile strength*) merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film tetap bertahan sebelum putus/sobek yang menggambarkan kekuatan film. Sedangkan elongasi atau persen perpanjangan merupakan kemampuan film untuk meregang dan memanjang sebelum pecah menjadi setengah (Yulianti & Ginting, 2012).

Penambahan gliserol pada *edible film* dapat mengakibatkan penurunan gaya antarmolekul yang akan menyebabkan menurunnya kuat tarik namun dapat meningkatkan persen pemanjangan. Hal tersebut sebagaimana hasil dari penelitian Jacob et al. (2015) terkait pembuatan *edible film* dari pati buah lindur dengan konsentrasi gliserol 1% dan 1,5% secara berurutan menghasilkan kuat tarik sebesar 159,48 MPa dan 132,88 MPa sedangkan untuk nilai elongasi yaitu 52,55% dan 126,54%. Dalam Asl et al. (2017) film dari CMC ampas tebu dengan variasi gliserol yaitu 1, 2, dan 3%, menghasilkan kuat tarik dengan perbandingan sebesar 1,75; 1,25; dan 0,75 sedangkan elongasinya sebesar 18; 55; dan 65. Adapun film dari kombinasi pati jagung dan CMC kulit pepaya menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 27,75; 24,48; 23,22; dan 21,20 MPa dan nilai elongasi sebesar 2,58; 2,84; 3,02; dan 3,54% untuk variasi konsentrasi gliserol 0; 3,33; 6,66; dan 10% (b/b) (Rachtanapun, 2009).

Berdasarkan uraian di atas, maka diperlukan suatu kajian atau studi literatur untuk mengetahui karakteristik *edible film* berbasis polisakarida berupa pati, CMC, maupun kombinasi antar keduanya. Selain itu studi literatur juga perlu dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh penambahan *plasticizer* gliserol dalam pembuatan *edible film* berbasis polisakarida. Studi literatur ini selanjutnya

diharapkan dapat dijadikan acuan dalam pembuatan *edible film* sebagai alternatif bahan pengemas makanan pengganti plastik sintesis dengan memperhatikan jenis polisakarida tanaman dan penambahan gliserol yang digunakan. Parameter penentuan *edible film* dengan hasil yang optimal diukur terhadap nilai kuat tarik dan persen perpanjangan film yang dibuat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik nilai kuat tarik dan elongasi *edible film* berbasis polisakarida dari berbagai tanaman?
2. Bagaimana pengaruh penambahan *plasticizer* gliserol terhadap karakteristik nilai kuat tarik dan elongasi *edible film* berbasis polisakarida tanaman?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui studi ilmiah terkait karakteristik nilai kuat tarik dan elongasi *edible film* berbasis polisakarida yang diperoleh dari berbagai tanaman.
2. Untuk mengetahui studi ilmiah terkait pengaruh adanya penambahan *plasticizer* gliserol terhadap nilai kuat tarik dan elongasi *edible film* berbasis polisakarida.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat secara akademik maupun manfaat praktis.

1.4.1 Manfaat Akademik

1. Bagi Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini dapat digunakan sebagai wawasan pengetahuan terkait beberapa jenis polisakarida tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuat *edible film*.

2. Bagi Penyusun

Penelitian ini dapat menambah wawasan dan motivasi bagi penyusun untuk mengetahui beberapa tanaman yang dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan *edible film* yang ramah lingkungan serta ada tidaknya pengaruh penambahan *plasticizer* gliserol terhadap karakteristik film yang dihasilkan.

1.4.2 Manfaat Praktis

1. Bagi Masyarakat

Penelitian ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat terkait tanaman yang dapat dijadikan bahan *edible film* serta dapat mendorong masyarakat untuk menggunakan bahan pengemas makanan yang lebih ramah lingkungan.

2. Bagi Peneliti Lain

Penelitian studi literatur ini dapat digunakan sebagai acuan atau referensi terkait pembuatan *edible film* berbasis polisakarida.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. Polisakarida yang digunakan berupa pati, CMC, maupun kombinasi pati-CMC.
2. *Plasticizer* yang digunakan berupa gliserol.
3. Uji karakteristik *edible film* yang akan dikaji meliputi uji kuat tarik dan elongasi atau persen perpanjangan.



BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Adapun jenis penelitian yang digunakan pada kajian *literature review* ini adalah *systematic review*. *Systematic review* merupakan metode penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi penelitian yang relevan secara kritis dengan menganalisis data dari penelitian-penelitian sebelumnya. Metode ini dilakukan dengan strategi pencarian literatur yang ketat saat meninjau artikel dan semua bukti yang tersedia berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi serta tujuan penelitian sehingga adanya bias dapat diminimalkan (Snyder, 2019).

2.2 Pengumpulan Data

2.2.1 Sumber Data

Referensi atau literatur yang digunakan berupa jurnal penelitian yang diperoleh dari *database* berupa ScienceDirect, Springer Link, ACS Publications dan Semantic Scholar. *Keyword* yang digunakan yaitu *film*, *starch*, *CMC*, dan *glycerol*.

2.2.2 Strategi Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara memasukkan kata kunci ke dalam *database* yang telah ditentukan. Kemudian dilakukan proses skrining terhadap artikel yang ditemukan dengan membaca judul dan abstrak. Proses skrining disesuaikan dengan tujuan penelitian. Artikel yang terseleksi kemudian

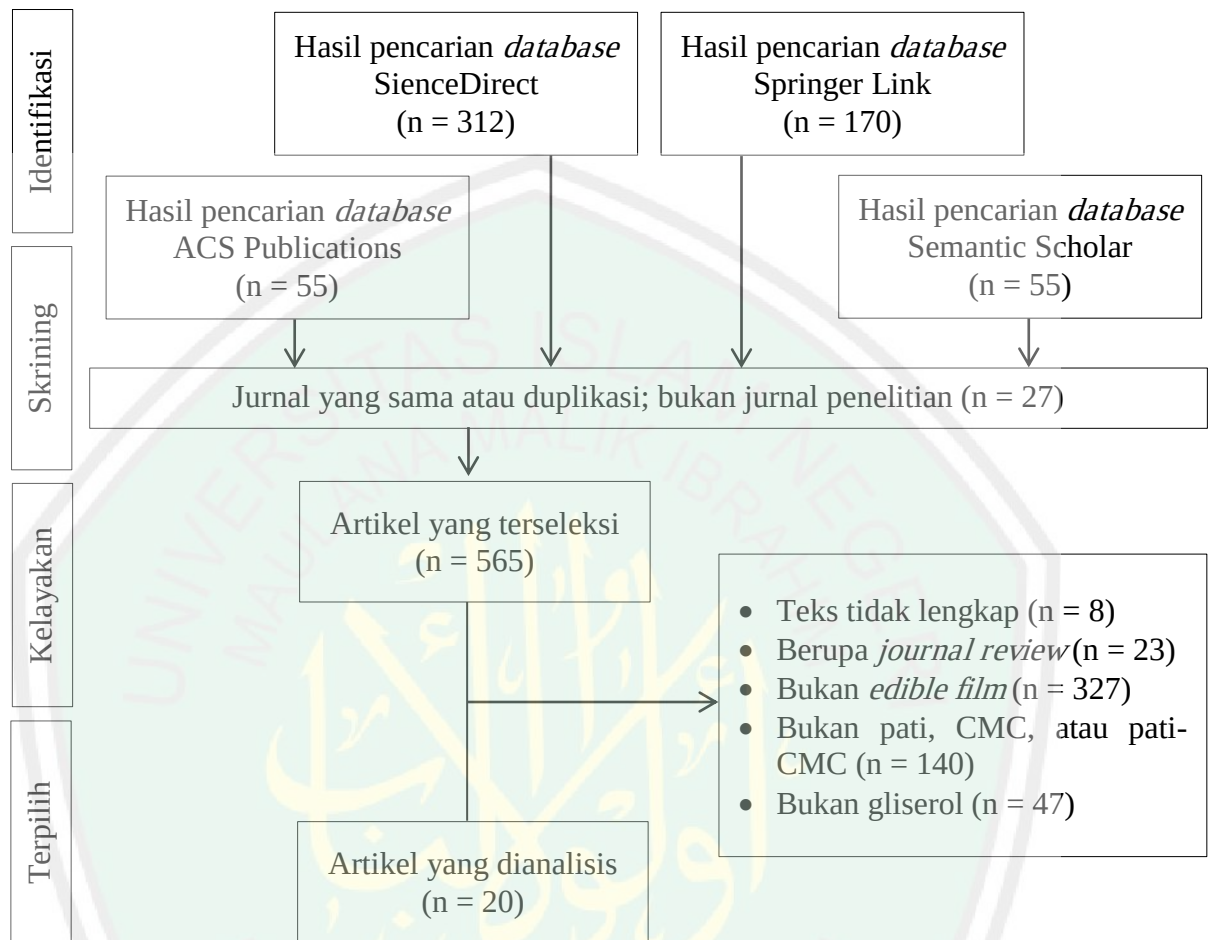
dilakukan proses kelayakan dengan cara mengeluarkan artikel yang tidak memenuhi parameter kriteria inklusi maupun yang mengandung satu atau lebih parameter dari kriteria eksklusi. Dari proses ini, didapat sebanyak 20 artikel yang akan dianalisis lebih lanjut.

a. Tracking Pencarian Artikel

Tabel 2.1: *Tracking* pencarian artikel

Tanggal Pencarian	Database	Tahun Pencarian	Kata Kunci	Jurnal Artikel yang Ditemukan
12 Desember 2020	<i>ScienceDirect</i>	2004-2020	- <i>Film</i> - <i>CMC</i> - <i>Glycerol</i> - <i>Starch</i>	312
12 Desember 2020	<i>Springer Link</i>	2004-2020	- <i>Glycerol</i> - <i>CMC</i> - <i>Film</i> - <i>Starch</i>	170
12 Desember 2020	<i>ACS Publications</i>	2004-2020	- <i>Film</i> - <i>CMC</i> - <i>Starch</i> - <i>Glycerol</i>	55
12 Desember 2020	<i>Semantic Scholar</i>	2004-2020	- <i>Film</i> - <i>CMC</i> - <i>Starch</i> - <i>Glycerol</i>	55

b. Diagram *Prisma Guideline*



Gambar 2.1: Diagram *prisma guideline*

2.2.3 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

a. Kriteria Inklusi :

- Tahun publikasi antara tahun 2004-2020
- Bahasa literatur yang digunakan yaitu Bahasa Inggris
- Literatur berupa jurnal penelitian
- Penelitian dalam literatur terkait *edible film*
- Bahan untuk *edible film* adalah pati, CMC, maupun pati - CMC

- *Plasticizer* yang digunakan adalah gliserol
- Karakteristik *edible film* yang diuji meliputi nilai kuat tarik dan/atau elongasi.

b. Kriteria Eksklusi :

- Teks jurnal literatur tidak dapat diakses secara lengkap
- Literatur berupa *journal review*

2.3 Analisis Data

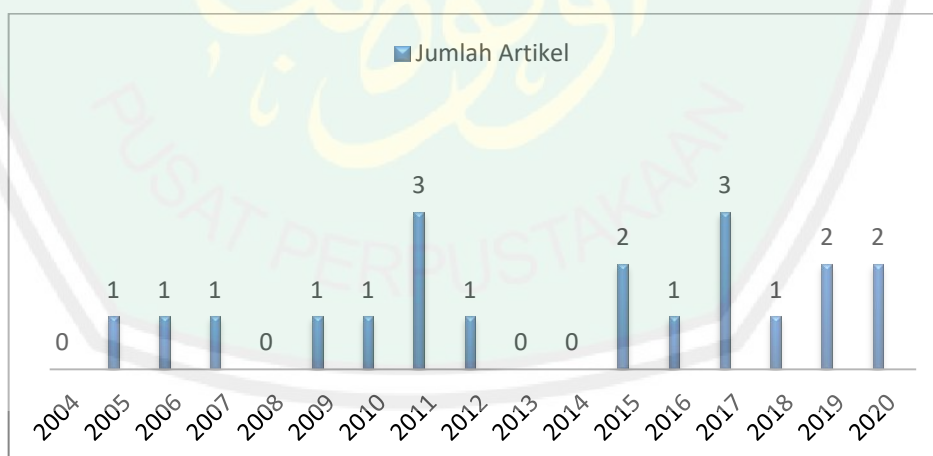
Analisis data pada studi literatur ini menggunakan pendekatan meta-sintesis (teknik kualitatif). Meta-sintesis merupakan suatu pendekatan dengan melakukan integrasi data yang bertujuan untuk menjawab pertanyaan penelitian dengan cara merangkum berbagai hasil penelitian dari sumber relevan yang didapatkan (Siswanto, 2012; Cooper, 2016). Pendekatan ini digunakan karena objek artikel yang merepresentasikan data dalam literatur bersifat heterogen yaitu terkait perbedaan jenis tanaman yang digunakan, sehingga hanya bisa dianalisis dalam bentuk deskriptif (Hadi dkk., 2020).

BAB III

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Seleksi Artikel

Artikel yang digunakan sebagai data primer dalam penelitian ini diperoleh secara sistematis melalui beberapa *database* dan *keyword* yang telah ditetapkan. Agar lebih memudahkan pemilihan artikel sesuai kriteria inklusi dan eksklusi, proses penyeleksian artikel menggunakan diagram *prisma guideline*. Jumlah artikel yang dinyatakan layak untuk dianalisis berjumlah 20 artikel dari 4 *database* yang tersebar antara tahun 2004 - 2020 (gambar 3.1), yaitu 10 artikel dari ScienceDirect, 2 artikel dari Springer Link, 1 artikel dari ACS Publication, dan 7 artikel dari Semantic Scholar. Berikut adalah diagram terkait jumlah artikel berdasarkan tahun publikasinya:



Gambar 3.1: Diagram jumlah artikel berdasarkan tahun publikasi

Penelitian terkait *edible film* memang banyak yang telah dipublikasikan setiap tahunnya, namun dengan adanya pembatasan *keyword* berupa pati dan CMC, artikel yang terkait jumlahnya masih sedikit antara tahun 2004 - 2020

seperti yang tertera dalam gambar 3.1. Hal ini membuktikan bahwasanya polisakarida terutama CMC dari tanaman masih jarang diteliti pemanfaatannya sebagai bahan *edible film*.

3.2 Karakteristik Artikel

Karakteristik utama pada 20 artikel yang terpilih dalam penelitian ini yaitu terkait gliserol yang digunakan sebagai *plasticizer* walaupun sumber polisakarida berasal dari tanaman yang berbeda-beda. Data yang memuat hasil uji kuat tarik dan elongasi masing-masing artikel dirangkum dalam tabel dengan membedakan antara artikel yang memvariasikan polisakarida yang digunakan namun tidak memvariasikan *plasticizer* gliserol, dengan artikel yang memvariasikan *plasticizer* gliserol yang digunakan. Sebagai perbandingan, jenis *plasticizer* selain gliserol yang terdapat dalam artikel terpilih juga turut dicantumkan hasilnya.

3.3 Data Jurnal yang Dianalisis

Tabel 3.1: 20 jurnal terpilih yang akan dianalisis

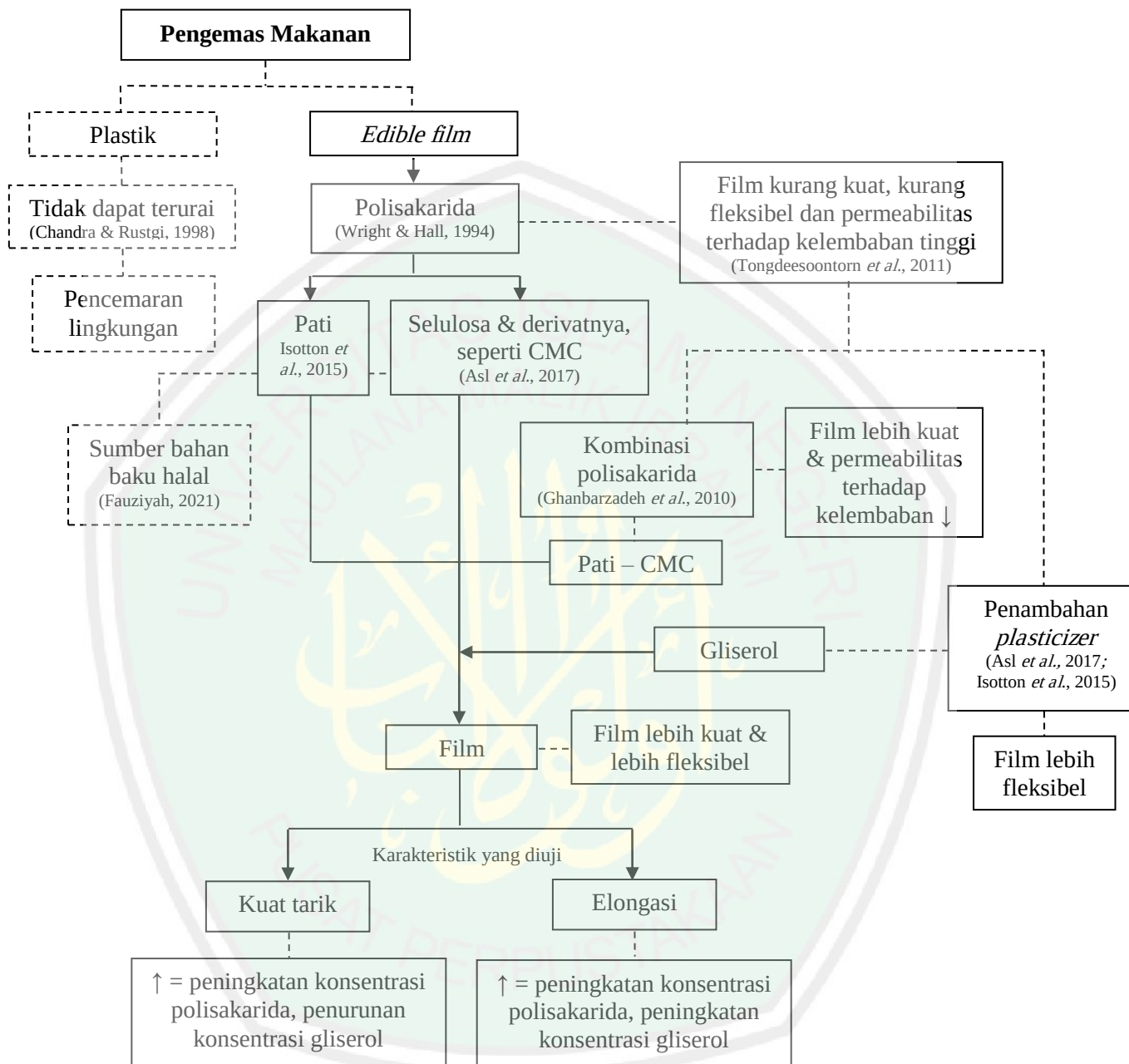
No	Penulis	Judul	Penerbit	Vol, No, Tahun	Database
1	Asl, S. A., Mousavi, M., & Labbafi, M.	Synthesis and characterization of carboxymethyl cellulose from sugarcane bagasse	Journal of Food Processing and Technology	08/08/2017	Semantic Scholar
2	Ghanbarzadeh, B., Almasi, H., & Entezami, A. A.	Physical properties of edible modified starch/carboxymethyl cellulose films	Elsevier: Innovative Food Science and Emerging Technologies	11/04/2010	ScienceDirect

No	Penulis	Judul	Penerbit	Vol, No, Tahun	Database
3	Gupta, H., Kumar, H., Kumar, M., Gehlaut, A. K., Gaur, A., Sachan, S., & Park, J. W.	Synthesis of biodegradable films obtained from rice husk and sugarcane bagasse to be used as food packaging material	Environmental Engineering Research	25/04/2020	Semantic Scholar
4	Isotton, F. S., Bernardo, G. L., Baldasso, C., Rosa, L. M., & Zeni, M.	The plasticizer effect on preparation and properties of etherified corn starchs films	Elsevier: Industrial Crops and Products	76/-/2015	ScienceDirect
5	Li, H., & Huneault, M. A.	Comparison of sorbitol and glycerol as plasticizers for thermoplastic starch in TPS/PLA blends	Journal of Applied Polymer Science	119/-/2011	Semantic Scholar
6	Mali, S., Sakanaka, L. S., Yamashita, F., & Grossmann, M. V. E.	Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect	Elsevier: Carbohydrate Poymers	60/3/2005	ScienceDirect
7	Mali, Suzana, Grossmann, M. V. E., García, M. A., Martino, M. N., & Zaritzky, N. E.	Effects of controlled storage on thermal, mechanical and barrier properties of plasticized films from different starch sources	Elsevier: Journal of Food Engineering	75/4/2006	ScienceDirect
8	Nguyenvu, H. P. & Lumdubwong, N.	Starch behaviors and mechanical properties of starch blend films with different plasticizers	Elsevier: Carbohydrate Poymers	154/-/2016	ScienceDirect
9	Özeren, H. D., Guivier, M., Olsson, R. T., Nilsson, F., & Hedenqvist, M. S.	Ranking plasticizers for polymers with atomistic simulations: PVT, mechanical properties, and the role of hydrogen bonding in thermoplastic starch	Applied Polymer Materials	2/5/2020	ACS Publications

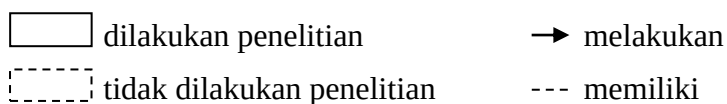
No	Penulis	Judul	Penerbit	Vol, No, Tahun	Database
10	Putri, D. A., Setiawan, A., & Anggraini, P. D.	Physical properties of edible film added with carboxymethyl cellulose	Journal of Physical Science	29/-/2018	Semantic Scholar
11	Rachtanipun, Pornchai	Blended films of carboxymethyl cellulose from papaya peel (CMCp) and corn starch	Kasetsart Journal - Natural Science	43/5/2009	Semantic Scholar
12	Rachtanapun, P., & Rattanapanone, N.	Synthesis and characterization of carboxymethyl cellulose powder and films from <i>Mimosa pigra</i>	Journal of Applied Polymer Science	122/-/2011	Semantic Scholar
13	Rodsamran, P., & Sothornvit, R.	Rice stubble as a new biopolymer source to produce carboxymethyl cellulose-blended films	Elsevier: Carbohydrate Poymers	171/-/2017	ScienceDirect
14	Rompothi, O., Pradipasena, P., Tananuwong, K., Somwangthanaroj, A., & Janjarasskul, T.	Development of non-water soluble, ductile mung bean starch based edible film with oxygen barrier and heat sealability	Elsevier: Carbohydrate Polymers	157/-/2017	ScienceDirect
15	Sanyang, M. L., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R., & Sahari, J.	Effect of plasticizer type and concentration on tensile, thermal and barrier properties of biodegradable films based on sugar palm (<i>Arenga pinnata</i>) starch.	Polymers	7/-/2015	Semantic Scholar

No	Penulis	Judul	Penerbit	Vol, No, Tahun	Database
16	Souza, A. C., Benze, R., Ferrão, E. S., Ditchfield, C., Coelho, A. C. V., & Tadini, C. C.	Cassava starch biodegradable films: Influence of glycerol and clay nanoparticles content on tensile and barrier properties and glass transition temperature.	Elsevier: Food Science and Technology	46/-/2012	ScienceDirect
17	Suriyatem, R., Auras, R. A., & Rachtanapun, P.	Utilization of carboxymethyl cellulose from durian rind agricultural waste to improve physical properties and stability of rice starch based film	Journal of Polymers and the Environment	27/2/2019	Springer Link
18	Talja, R. A., Helén, H., Roos, Y. H., & Jouppila, K.	Effect of various polyols and polyol contents on physical and mechanical properties of potato starch-based films	Elsevier: Carbohydrate Polymers	67/3/2007	ScienceDirect
19	Tavares, K. M., de Campos, A., Mitsuyuki, M. C., Luchesi, B. R., & Marconcini, J. M.	Corn and cassava starch with carboxymethyl cellulose films and its mechanical and hydrophobic properties	Elsevier: Carbohydrate Polymers	223/-/2019	ScienceDirect
20	Tongdeesoontorn, W., Mauer, L. J., Wongruong, S., Sriburi, P., & Rachtanapun, P.	Effect of carboxymethyl cellulose concentration on physical properties of biodegradable cassava starch-based films	Chemistry Central Journal	05/01/2011	Springer Link

3.4 Kerangka Konseptual



Keterangan :



Gambar 3.2: Bagan kerangka konseptual

3.4.1 Uraian Kerangka Konseptual

Plastik merupakan bahan pengemas makanan yang paling banyak digunakan karena bersifat murah, tahan air, stabil, fleksibel, dan dapat dibuat sesuai warna yang diinginkan (LaPlaca, 2000; Proshad *et al.*, 2017). Namun plastik terbuat dari polimer sintesis minyak bumi yang tidak dapat terurai secara alami (Chandra & Rustgi, 1998). Kelemahan ini mengakibatkan penumpukan sampah plastik yang terus meningkat setiap tahunnya dan dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan serta bahaya bagi kesehatan. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dibutuhkan alternatif pengemas makanan yang bersifat lebih ramah lingkungan seperti yang terbuat dari *edible film*. Bahan pembuat *edible film* dapat berasal dari polisakarida tumbuhan yaitu pati maupun selulosa dan derivatnya seperti CMC (Wright & Hall, 1994). Pati dan selulosa selain mudah ditemukan di alam dengan jumlahnya yang melimpah, juga memiliki kelebihan yaitu sebagai bahan baku yang bernilai halal karena berasal dari tumbuhan (Fauziyah, 2021).

Tongdeesoontorn *et al.* (2011) dalam penelitiannya menyatakan bahwa film yang terbuat dari polisakarida akan menghasilkan film yang kurang kuat, kurang fleksibel, dan memiliki permeabilitas terhadap kelembaban yang masih tinggi. Kelemahan terhadap rendahnya kekuatan film dan tingginya kepekaan film terhadap kelembaban dapat diatasi dengan mengombinasikan 2 jenis polisakarida seperti antara pati dan CMC (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010; Tavares *et al.*, 2019; Tongdeesoontorn *et al.*, 2011). Adapun untuk meningkatkan fleksibilitas film dapat diatasi dengan menambahkan *plasticizer* gliserol dalam

proses pembuatan film (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010; Tongdeesoontorn *et al.*, 2011). Dari film yang telah didapatkan selanjutnya dilakukan pengujian terhadap nilai kuat tarik dan elongasi film.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui nilai kuat tarik dan elongasi dari film dengan adanya variasi polisakarida maupun pengaruh dari adanya *plasticizer* gliserol, baik pada film yang terbuat dari pati, CMC, maupun kombinasi pati – CMC. Adapun hipotesis yang dapat dirumuskan ialah kuat tarik film akan semakin meningkat pada peningkatan konsentrasi polisakarida dan penurunan konsentrasi gliserol. Sedangkan peningkatan elongasi berkorelasi dengan peningkatan konsentrasi polisakarida dan peningkatan konsentrasi gliserol.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Karakteristik Nilai Kuat Tarik dan Elongasi *Edible film* Berbasis Polisakarida Tanaman

Edible film merupakan lapisan tipis yang digunakan untuk melapisi makanan yang berfungsi sebagai penahan terhadap transfer massa seperti kadar air, oksigen, lemak, dan cahaya atau berfungsi sebagai pembawa bahan tambahan pangan (Darni & Rakhman, 2017). *Edible film* disebut juga dengan film biopolimer karena berasal dari bahan polimer organik atau yang berasal dari alam (Rodsamran & Sothornvit, 2017; Tongdeesoontorn *et al.*, 2011) atau disebut dengan *biodegradable film* karena bahan yang digunakan dapat terurai secara alami (Gupta *et al.*, 2020; Ma *et al.*, 2008). Adanya produksi serta

penggunaan *edible film* dapat mengurangi masalah terkait pencemaran lingkungan dan bahaya kesehatan yang disebabkan dari penggunaan plastik sintesis (Asl *et al.*, 2017; Ghanbarzadeh *et al.*, 2010; Gupta *et al.*, 2020; Suriyatem *et al.*, 2019).

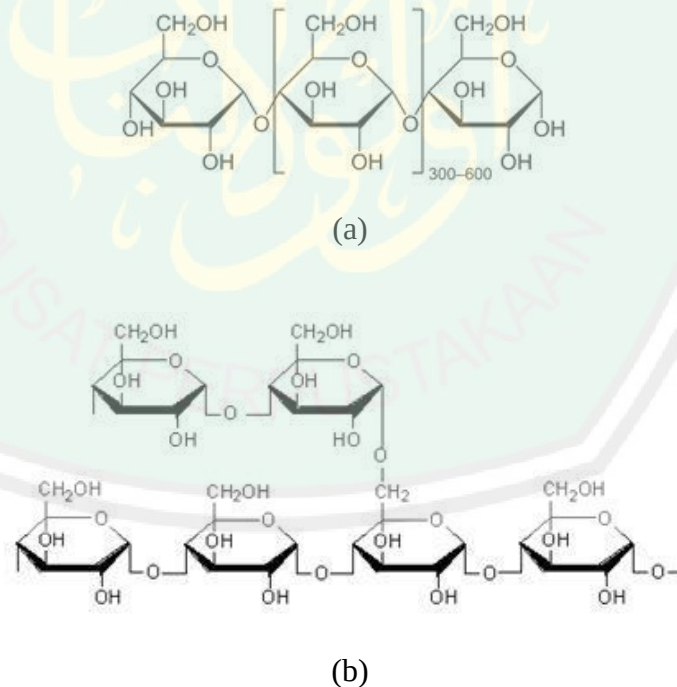
Bahan pembuat *edible film* dikelompokkan menjadi 4 komponen yaitu polisakarida (selulosa dan derivatnya, pati dan derivatnya, getah, kitosan, dan lain-lain), protein (gelatin, zein, gluten), lipida (lilin, lipid atau turunannya) dan poliester (poli-D- β -hidroksibutirat, asam polilaktat, dan lain sebagainya) (Wright & Hall, 1994). *Edible film* berbasis polisakarida lebih banyak dikembangkan daripada jenis bahan yang lainnya. Hal ini terkait dari sifat film yang dihasilkan yang dinyatakan lebih kuat daripada protein (Tongdeesoontorn *et al.*, 2011), bersifat transparan dibandingkan dengan berbasis lipid yang buram dan tengik (Wright & Hall, 1994), serta jumlahnya di alam yang melimpah, dapat diperbaharui, dan harganya lebih murah daripada bahan lainnya (Asl *et al.*, 2017; Suriyatem *et al.*, 2019). Bahan polisakarida yang dapat dijadikan sebagai *edible film* yaitu pati dan selulosa beserta derivatnya seperti CMC baik dalam bentuk tunggal maupun kombinasi antar keduanya. Berikut beberapa literatur penelitian terkait pembuatan *edible film* berbasis polisakarida tanaman:

Tabel 3.2: Sumber polisakarida sebagai bahan pembuatan *edible film*

Sumber Polisakarida	Literatur
Pati jagung	(Isotton <i>et al.</i> , 2015; Mali <i>et al.</i> , 2006; Özeren <i>et al.</i> , 2020)
Pati gandum	(Li & Huneault, 2011)
Pati ubi	(Mali <i>et al.</i> , 2006)
Pati singkong	(Mali <i>et al.</i> , 2005, 2006; Nguyenvu & Lumdubwong, 2016; Souza <i>et al.</i> , 2012)
Pati kentang	(Talja <i>et al.</i> , 2007)
Pati kacang hijau	(Nguyenvu & Lumdubwong, 2016; Rompothi <i>et al.</i> , 2017)
Pati <i>Arenga pinnata</i> (aren)	(Sanyang <i>et al.</i> , 2015)
CMC ampas tebu	(Asl <i>et al.</i> , 2017)
CMC tunggul padi	(Rodsamran & Sothornvit, 2017)
CMC <i>Mimosa pigra</i> (putri malu)	(Rachtanapun & Rattanapanone, 2011)
Pati jagung + CMC	(Ghanbarzadeh <i>et al.</i> , 2010; Tavares <i>et al.</i> , 2019)
Pati beras + CMC kulit durian	(Suriyatem <i>et al.</i> , 2019)
Pati + CMC komersil	(Gupta <i>et al.</i> , 2020)
Pati + CMC sekam padi	
Pati + CMC ampas tebu	
Pati jagung + CMC kulit pepaya	(Rachtanapun, 2009)
Pati singkong + CMC	(Tavares <i>et al.</i> , 2019; Tongdeesoontorn <i>et al.</i> , 2011)
Pati sorgum + CMC	(Putri <i>et al.</i> , 2018)

Edible film berbasis polisakarida yang paling banyak dikembangkan berasal dari pati. Hal ini terkait dengan kelebihan yang dimiliki pati yaitu kemudahan dalam memperolehnya, memiliki nilai ekonomi yang rendah, serta

mudah dalam proses pembuatan filmnya (Muscat *et al.*, 2012; Suriyatem *et al.*, 2019; Zhang & Han, 2006). Pati merupakan golongan polimer karbohidrat, bersifat alami dan terbarukan yang diperoleh dari berbagai macam tanaman (Isotton *et al.*, 2015; Ma *et al.*, 2008). Pati tersusun atas rantai panjang glukosa, terdiri dari 2 unit fraksi yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan rantai linier dari unit D-glukosa yang dihubungkan oleh rantai atom oksigen α -1,4. Sedangkan amilopektin merupakan rantai bercabang dari unit D-glukosa, dihubungkan oleh ikatan α -1,4 glikosidik serta ikatan α -1,6 glikosidik pada titik-titik cabangnya. Adapun struktur amilosa dan amilopektin adalah sebagai berikut (Ulyarti, 1997):



Gambar 3.3: Struktur (a) amilosa, (b) amilopektin (Ulyarti, 1997)

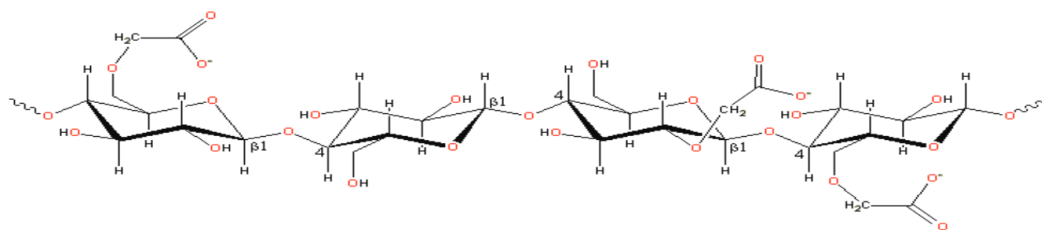
Amilosa bersifat larut dalam air sedangkan amilopektin tidak terlarut dalam air. Kemampuan amilosa untuk dapat larut dalam air tersebut disebabkan oleh adanya gugus hidroksil dengan jumlah yang sangat banyak dalam struktur amilosa sehingga mampu untuk menyerap air dalam jumlah besar (Winarno, 1997; Cano *et al.*, 2014; Hernawan & Meylani, 2016). Dalam pembuatan film berbasis pati, kandungan amilosa dapat mempengaruhi kekompakan film sedangkan amilopektin berpengaruh terhadap kestabilan film karena struktur amilopektin yang bercabang menyebabkan molekul di dalamnya tidak mudah lepas (Sari dkk., 2020; Yulianti & Ginting, 2012). Pada umumnya pati mengandung kadar amilopektin lebih banyak daripada amilosa (Nisah, 2018). Berikut perbandingan kadar amilosa dan amilopektin dari beberapa sumber pati tanaman:

Tabel 3.3: Kadar amilosa dan amilopektin dalam beberapa sumber pati

Sumber Pati	Amilosa : Amilopektin	Literatur
Pati ubi	29 : 71	(Mali <i>et al.</i> , 2006)
Pati singkong	17 : 83	(Tongdeesoontorn <i>et al.</i> , 2011)
	18 : 82	(Tavares <i>et al.</i> , 2019)
	18,11 : 81,89	(Nguyenvu & Lumdubwong, 2016)
	19 : 81	(Mali <i>et al.</i> , 2005, 2006)
	19,7 : 18,3	(Sanyang <i>et al.</i> , 2015)
Pati jagung	25 : 75	(Mali <i>et al.</i> , 2006)
	28 : 72	(Tavares <i>et al.</i> , 2019)
Pati kentang	14 : 86	(Talja <i>et al.</i> , 2007)
Pati kacang hijau	33,79 : 66,21	(Nguyenvu & Lumdubwong, 2016)
	40,69 : 59,31	(Rompothi <i>et al.</i> , 2017)
Pati aren	37 : 63	(Sanyang <i>et al.</i> , 2015)

Pati memiliki kemampuan membentuk matriks kontinu sehingga dapat digunakan sebagai *edible film* yaitu bahan pengemas makanan pengganti plastik (Isotton *et al.*, 2015; Mali *et al.*, 2004; Özeren *et al.*, 2020). Namun *edible film* berbasis pati memiliki kemampuan yang lemah untuk menahan transfer uap air di lingkungan karena pati bersifat higroskopis yang kuat (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010; H. Li & Huneault, 2011). Sifat higroskopis pati ini akan menghasilkan film dengan sifat mekanik yang buruk karena film yang terbentuk bersifat rapuh, mudah pecah, dan kurang fleksibel (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010; Putri *et al.*, 2018).

Permasalahan ini dapat diminimalkan dengan mengombinasikan antara pati dengan jenis polimer lain, seperti halnya dengan CMC (Suriyatem *et al.*, 2019; Tavares *et al.*, 2019; Tongdeesoontorn *et al.*, 2011). CMC merupakan turunan dari selulosa yang dikarboksimetilasi, termasuk eter polimer linier dengan gugus karboksimetilasi ($-\text{CH}_2\text{COOH}$) yang terikat pada beberapa gugus $-\text{OH}$ dari monomer glukopiranos. CMC terbentuk ketika selulosa bereaksi dengan asam monokloroasetat atau garam natriumnya dalam kondisi basa dengan adanya pelarut organik (Asl *et al.*, 2017). Karena struktur polimer dan berat molekulnya yang tinggi, CMC dapat menunjukkan kinerja gelas dengan memanaskannya sehingga dapat membentuk lapisan film yang baik (Ma *et al.*, 2008; Putri *et al.*, 2018). Berikut merupakan struktur kimia dari CMC (Asl *et al.*, 2017):



Gambar 3.4: Struktur CMC (Asl *et al.*, 2017)

Film yang terbuat dari kombinasi pati dan CMC memiliki sifat mekanik yang lebih kuat, lentur, serta dapat mengurangi permeabilitas uap air. Hal ini didasarkan pada kesamaan struktur kimia antara pati dan CMC sehingga dapat memberikan kompatibilitas yang baik di antara keduanya (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010; Ma *et al.*, 2008; Putri *et al.*, 2018). Li *et al.* (2008) mengamati adanya hubungan silang antara pati beras dan CMC yang disebabkan oleh ikatan ester antara gugus hidroksil di cabang amilopektin pati dan asam karboksil kelompok CMC. Putri *et al.* (2018) dan Tavares *et al.* (2019) dalam pengamatan mereka menggunakan FTIR juga menyatakan bahwa spektrum C=O dari campuran pati-CMC memiliki intensitas yang lebih tinggi dibandingkan CMC saja. Hal ini membuktikan adanya interaksi antarmolekul kedua polimer ini sehingga dihasilkan film yang lebih kuat dan kompak.

Parameter yang penting dalam karakteristik *edible film* secara mekanik yaitu nilai kuat tarik dan juga elongasi atau persen perpanjangan (Yuwono *et al.*, 2020). Kuat tarik (*tensile strength/TS*) merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film tetap bertahan sebelum putus/sobek yang menggambarkan kekuatan film (Yulianti & Ginting, 2012). Nilai kuat tarik menunjukkan ketahanan maupun kerapuhan film. Semakin tinggi nilai kuat tarik suatu *edible film* maka kemampuannya dalam menahan dan melindungi produk yang dikemas

dari gangguan mekanis luar, akan semakin baik (Hasdar dkk., 2012). Nilai kuat tarik minimal dari *edible film* menurut *Japanese Industrial Standart (JIS)* (1975) yang dikutip oleh Krochta & De Mulder-Johnston (1997) adalah 3,92266 MPa. Nilai kuat tarik *edible film* juga dapat dibandingkan dengan kuat tarik dari plastik sintetis. Kuat tarik plastik sintetis jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*) yaitu 19,3 - 20 MPa, jenis LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*) yaitu 34,5 - 44,8 MPa (Marashin, 2009), sedangkan plastik jenis PP (*Polypropylene*) yaitu 33,1 - 35,2 MPa (Miller, 2009).

Elongasi atau persen perpanjangan merupakan kemampuan film untuk meregang dan memanjang sebelum pecah menjadi setengah (Yulianti & Ginting, 2012). Nilai elongasi menunjukkan elastisitas dan fleksibilitas dari suatu film Menurut JIS (1975) yang juga dikutip oleh Krochta & De Mulder-Johnston (1997), nilai elongasi film yang baik yaitu >50% dan dinyatakan buruk jika <10%.

Pengujian kuat tarik dan elongasi *edible film* dapat dilakukan dengan menggunakan *tensile tester* sesuai metode standar dari *American Standard Testing and Material* (ASTM). Nilai kuat tarik diperoleh dari perbandingan antara gaya maksimum yang dapat diberikan (F) dengan luas penampang film (A), atau dalam persamaan (ASTM, 1996):

$$\tau = \frac{F \text{ maks}}{A}$$

Keterangan : τ = nilai kuat tarik (MPa)
 F maks = gaya maksimum yang diberikan (F)
 A = luas penampang film (mm²)

Sedangkan nilai elongasi diperoleh dari perbandingan antara selisih panjang awal dan panjang akhir film (tepat sebelum putus) dengan panjang awal film atau dapat ditulis dalam persamaan sebagai berikut (ASTM, 1996):

$$\% = \frac{li - lo}{lo} \times 100\%$$

Keterangan :

- % = persen elongasi (%)
- lo = panjang awal film (mm)
- li = panjang akhir film (tepat sebelum putus) (mm)



Tabel 3.4: Nilai kuat tarik dan elongasi *edible film* dari artikel yang tidak memvariasikan *plasticizer* gliserol

Penulis	Tujuan	Polisakarida	Kons. Gliserol	Variasi	Konsentrasi (variasi)	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)
(Ghanbarzadeh <i>et al.</i> , 2010)	Mengetahui efek adanya penambahan CMC pada film pati jagung	Pati jagung (5g) + CMC	40% (v/b pati)	Konsentrasi CMC	0% (b/b pati)	6,57	66,18
					5% (b/b pati)	± 7,5	± 65
					10% (b/b pati)	± 9,5	± 64
					15% (b/b pati)	± 11	± 63
					20% (b/b pati)	16,11	58,49
(Putri <i>et al.</i> , 2018)	Mengetahui efek adanya penambahan CMC pada film pati sorgum	Pati sorgum (5g) + CMC	40% (v/b pati)	Konsentrasi CMC	0% (b/b pati)	7,74	14
					5% (b/b pati)	20,58	17
					10% (b/b pati)	29,99	39
					15% (b/b pati)	17,98	52
					20% (b/b pati)	25,09	61
					25% (b/b pati)	27,88	65

Penulis	Tujuan	Polisakarida	Kons. Gliserol	Variasi	Konsentrasi (variasi)	Kuat Tarik (Mpa)	Elongasi (%)
(Gupta <i>et al.</i> , 2020)	Mengetahui pengaruh nilai DS CMC	Pati (1g) + CMC komersil (1g)	40% (v/b pati)	-	-	11,96	12,14
		Pati (1g) + CMC sekam padi (1g)				12,72	12,69
		Pati (1g) + CMC ampas tebu (1g)				16,03	18,97
(Rachtanapun, 2009)	Mengetahui efek perbandingan pati dan CMC	Pati jagung + CMC kulit pepaya	-	Konsentrasi pati : CMC	0 : 100	11,75	2,10
					25 : 75	13,73	3,22
					50 : 50	18,94	2,74
					75 : 25	27,75	2,59
(Suriyatem <i>et al.</i> , 2019)	Mengetahui efek perbandingan pati dan CMC	Pati beras (RS) + CMC kulit durian (CMCd)	25% (v/v larutan)	Perbandingan RS dan CMCd	100 : 0	31,04	1,77
					100 : 0	14,19	27,9
					88 : 12	16,11	33,5
					67 : 33	19,18	28,0
					50 : 50	20,54	31,2
					0 : 100	25,93	23,9

Penulis	Tujuan	Polisakarida	Kons. Gliserol	Variasi	Konsentrasi (variasi)	Kuat Tarik (Mpa)	Elongasi (%)
(Tavares <i>et al.</i> , 2019)	Mengetahui pengaruh perbedaan karakteristik film dari pati singkong dan jagung dengan CMC	Pati singkong + CMC dan pati jagung + CMC	30% (v/v larutan)	CMC	-	38,9	43,8
				Pati singkong	-	25,3	2,7
				CMC : pati singkong	50 : 50	30,4	5,1
				Pati jagung	-	17,3	1,8
				CMC : pati jagung	50 : 50	32,1	17,1
(Tongdeesoontorn <i>et al.</i> , 2011)	Mengetahui pengaruh perbedaan RH saat penyimpanan film	Pati singkong + CMC	30% (b/b pati)	Konsentrasi pati : CMC dan RH	RH	34%	54%
					100 : 0	± 5	± 44
					90 : 10	± 7	± 25
					80 : 20	± 12	± 17
					70 : 30	± 14	± 12
					60 : 40	± 25	± 3
					0 : 100	± 30	± 19
							± 31

Penulis	Tujuan	Polisakarida	Kons. Gliserol	Variasi	Konsentrasi (variasi)	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)
(Asl <i>et al.</i> , 2017)	Mengetahui adanya pengaruh konsentrasi NaOH	CMC ampas tebu (3g)	-	Konsentrasi NaOH dalam proses sintesis CMC	20% (b/v)	± 22	± 2
					30% (b/v)	37,34	± 3,5
					40% (b/v)	± 15	± 7
					50% (b/v)	± 12	± 6
(Rachtanapun & Rattanapanone, 2011)	Mengetahui adanya pengaruh konsentrasi NaOH	CMC <i>Mimosa pigra</i> (putri malu) (3g)	-	Konsentrasi NaOH dalam proses sintesis CMC	30% (b/v)	± 12	± 1,6
					40% (b/v)	± 13,5	± 2,5
					50% (b/v)	± 18	± 2,8
					60% (b/v)	± 17	± 2,3
(Rodsamran & Sothornvit, 2017)	Mengetahui pengaruh perbedaan nilai DS CMC	CMC komersil (CMC _c) + CMC tunggul padi (CMC _r)	20%	Perbandingan CMC _c dan CMC _r	100 : 0	13,87	556,48
					75 : 25	29,47	667,86
					50 : 50	22,03	286,71
					25 : 75	15,21	288,90
					0 : 100	3,20	149,41

a. Analisis Nilai Kuat Tarik *Edible film* Berbasis Polisakarida Tanaman

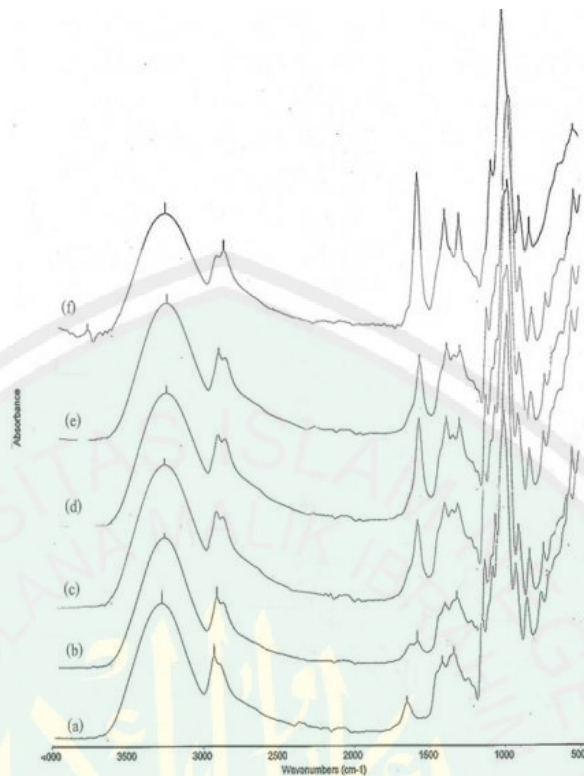
Hasil nilai kuat tarik dari beberapa literatur yang memvariasikan jenis dan konsentrasi polisakarida yang digunakan dengan tidak memvariasikan *plasticizer* gliserol, disajikan dalam tabel 3.4. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwasanya terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai kuat tarik dari suatu film. Faktor tersebut yaitu konsentrasi polisakarida yang digunakan sebagai bahan utama, kelembaban relatif udara selama proses penyimpanan film, serta konsentrasi NaOH yang digunakan selama proses sintesis CMC (untuk film berbasis CMC) (Asl *et al.*, 2017; Ketslip *et al.*, 2002; Rachtanapun, 2009; Tongdeesoontorn *et al.*, 2011).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dari artikel yang didapat, dapat diketahui bahwasanya film pati secara umum dikombinasikan dengan CMC. Hal ini dikarenakan pembuatan film dari bahan dasar berupa pati saja akan menghasilkan film dengan sifat mekanik yang rapuh, mudah pecah, dan kurang fleksibel (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010; Putri *et al.*, 2018; Setiani dkk., 2013). Dua polimer ini, yaitu pati dan CMC, memiliki struktur yang hampir sama sehingga terjadi interaksi antarmolekul dan akan menghasilkan film dengan sifat yang lebih kompak. Hal ini dapat dibuktikan dengan lebih tingginya nilai TS pada film yang menggunakan pati dan CMC daripada film dari pati saja. Sebagai contoh pada penelitian dari Tavares *et al.* (2019), film dari pati singkong menghasilkan TS sebesar 25,3 MPa sedangkan pada pati singkong yang dikombinasikan dengan CMC nilai TS-nya mencapai 30,4 MPa.

Peningkatan nilai TS ini juga terjadi pada pati jagung - CMC yaitu dari 6,57 ke 16,11 MPa (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010), pati sorgum - CMC yaitu dari 7,74 ke 27,88 MPa (Putri *et al.*, 2018), pati beras - CMC kulit durian yaitu dari 14,19 ke 25,93 MPa (Suriyatem *et al.*, 2019), maupun pati singkong – CMC yaitu dari 5 ke 30 MPa (Tongdeesoontorn *et al.*, 2011).

Ban *et al.* (2006) menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi sifat mekanik film adalah afinitas antar komponen penyusunnya. Afinitas adalah suatu fenomena dimana atom atau molekul tertentu memiliki kecenderungan untuk bersatu dan berikatan (Putri *et al.*, 2018). Dengan meningkatnya afinitas maka banyak ikatan antar molekul yang terjadi. Sehingga apabila konsentrasi CMC yang digunakan semakin meningkat, maka nilai TS juga akan semakin meningkat (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010; Putri *et al.*, 2018). Begitu pula dengan peningkatan konsentrasi pati berbanding lurus dengan hasil TS yang diperoleh (Rachtanapun, 2009).

Adanya interaksi antar molekul pati dan CMC yang terbentuk dapat dianalisis menggunakan FTIR.



Gambar 3.5: Spektra IR dari film berbasis pati singkong dengan dan tanpa CMC, a) film pati singkong; b,c,d,e) film kombinasi pati dan 10, 20, 30, 40% CMC; f) film CMC (Tongdeesontorn *et al.*, 2011)

Tabel 3.5: Spektra IR dari film berbasis pati singkong dengan dan tanpa CMC

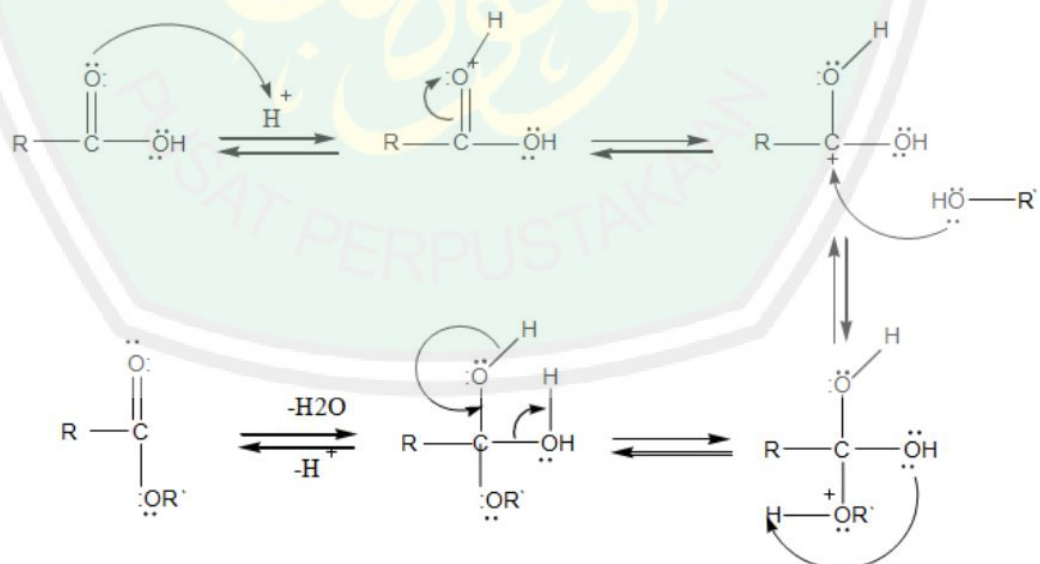
Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)			Gugus Fungsi	Range (cm ⁻¹)	Referensi
Film Pati Singkong	Film CMC	Film Kombinasi			
3268	3260	3265	O-H stretching	3200 - 3400	Pavia <i>et al.</i> (2009)
2920	2876	2876	C-H stretching	2850 - 3000	Pavia <i>et al.</i> (2009)
1648	-	-	Air	1630 - 1650	Troedoc <i>et al.</i> (2008); Vicentini <i>et al.</i> (2005)
1413	1412	1411	-CH ₂ bending	1465	Pavia <i>et al.</i> (2009)
1337	1319	1322 - 1333	C-OH bending	1000 - 1440	Pavia <i>et al.</i> (2009)
1149	1060	1087	C-O-C stretching	1000 - 1300	Pavia <i>et al.</i> (2009)
-	1592	1596	C=O stretching	1550 - 1800	Singh & Khatri (2011)

Hasil analisis FTIR yang disajikan dalam gambar 3.5 dan tabel 3.5 dapat diketahui bahwa pada film pati terdapat pita serapan dari gugus –OH (hidroksil), gugus –CH, gugus –CH₂, gugus C–OH, dan gugus –COC– (eter). Juga terdapat pita serapan pada daerah 1648 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya serapan molekul air di dalam film pati (Troedoc *et al.*, 2008; Vicentini *et al.*, 2005). Pada film CMC juga terdapat gugus yang hampir sama seperti pada gugus film pati hanya saja terdapat gugus C=O yang menunjukkan adanya gugus karbonil berupa gugus karboksil di dalam film CMC sebagaimana struktur dari CMC itu sendiri (gambar 3.4) (Singh & Khatri, 2011).

Spektra IR yang muncul pada film yang dikombinasikan antara pati dan CMC juga memunculkan gugus yang mirip dengan gugus pada film pati. Dari gambar 3.5 dan tabel 3.5 dapat diketahui bahwasanya gugus –OH pada film kombinasi berada pada bilangan gelombang 3265 cm⁻¹ yang sedikit mengalami pergeseran dibandingkan pada film pati (3268 cm⁻¹). Pergeseran bilangan gelombang ini disebabkan karena ikatan hidrogen antarmolekul pati mengalami penurunan karena berikatan dengan molekul CMC sehingga menggeser pita ke frekuensi yang lebih rendah (energi lebih rendah) (Pavia *et al.*, 2009). Rumus energi sendiri berbanding lurus dengan panjang gelombangnya, artinya apabila energi yang dihasilkan semakin rendah, terjadi penurunan bilangan gelombang (Saputro dkk., 2017). Gugus yang menunjukkan keberadaan molekul air juga tidak ditemukan pada film yang dikombinasikan, artinya bahwa film yang dikombinasikan memiliki penghalang terhadap air yang lebih baik daripada

film yang terbuat dari pati saja (Vicentini *et al.*, 2005; Tongdeesoontorn *et al.*, 2011).

Pada daerah bilangan gelombang 1592 cm^{-1} (baik film CMC maupun film kombinasi), terdapat serapan yang menunjukkan adanya gugus C=O. Intensitas gugus ini semakin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi CMC. Berdasarkan literatur dari Singh & Khatri (2011) dan Mugrima (2019) diketahui bahwa gugus ini merupakan gugus karbonil berupa gugus karboksil pada film CMC. Namun setelah dikombinasikan dengan pati, terdapat gugus ester yang menunjukkan telah adanya ikatan antara pati dan CMC. Ikatan ester terbentuk antara gugus hidroksil di cabang amilopektin pati dan asam karboksil kelompok CMC menghasilkan film dengan sifat mekanik yang lebih kuat (Putri *et al.*, 2009; Tongdeesoontorn *et al.*, 2011). Mekanisme reaksi esterifikasi dapat dilihat dalam gambar berikut ini (Bulan, 2004):



Gambar 3.6: Mekanisme reaksi esterifikasi (Bulan, 2004)

Konsentrasi CMC berpengaruh terhadap nilai kuat tarik yang dihasilkan. Semakin meningkatnya konsentrasi CMC, nilai kuat tarik juga akan semakin meningkat, seperti dalam penelitian Putri *et al.* (2008) menghasilkan TS dari 7,74 ke 27,88 MPa (CMC 0 – 25% (b/b pati) dan penelitian Ghanbarzadeh *et al.* (2010) menghasilkan nilai TS dari 6,57 ke 16,11 MPa (CMC 0 – 20% (b/b pati).

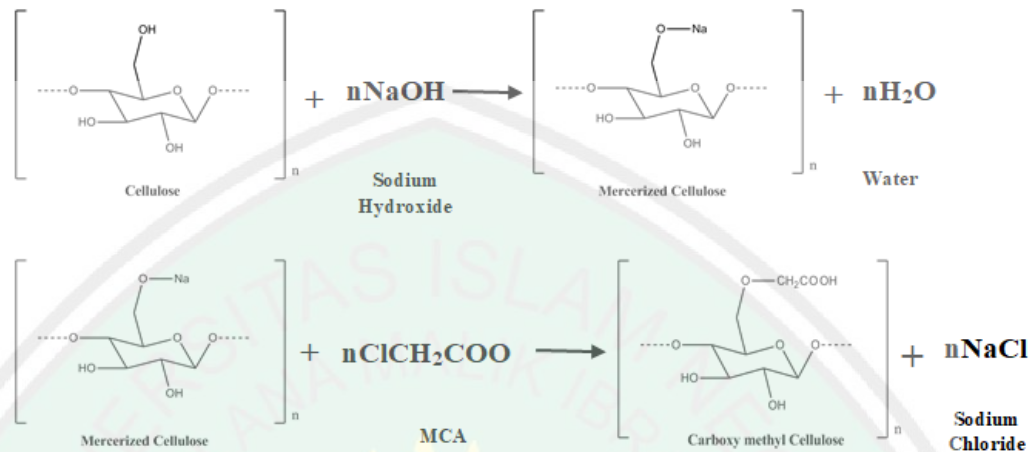
Kondisi lingkungan pada saat penyimpanan film seperti kondisi kelembaban relatif (*Relative Humidity/RH*) juga berpengaruh terhadap nilai kuat tarik dari *edible film*. Kelembaban merupakan suatu tingkat keadaan lingkungan udara basah yang disebabkan oleh adanya uap air. Sedangkan kelembaban relatif didefinisikan sebagai persentase perbandingan antara tekanan uap air parsial dengan tekanan uap air jenuh. Secara umum kelembaban relatif dapat mewakili pengertian dari kelembaban itu sendiri (Indarwati dkk., 2019).

Nilai RH untuk menyimpan film dalam penelitian eksperimen dapat diatur dengan menyimpan film yang telah dikeringkan ke dalam desikator pada suhu $25 \pm 1^\circ\text{C}$ di atas larutan garam tertentu sesuai dengan RH yang diinginkan (Anggraeni dkk., 2016). Jenis garam yang dapat digunakan seperti kalsium nitrat untuk RH 54-55%, natrium bromida untuk RH 64%, natrium klorida untuk RH 75-77%, kalium klorida untuk RH 87%, dan dinatrium hidrogen fosfat untuk RH 95% (Asl *et al.*, 2017; Bourtoom, 2008; Ghanbarzadeh *et al.*, 2010).

Tongdeesoontorn *et al.* (2011) meneliti terkait adanya pengaruh RH terhadap nilai kuat tarik film dengan menggunakan bahan dasar pati singkong dan CMC. Hasil yang didapat ialah semakin tinggi nilai RH pada konsentrasi basis film yang sama menghasilkan nilai TS yang semakin rendah pada semua variasi konsentrasi CMC yang ditambahkan, seperti pada 10% CMC nilai TS mencapai ± 7 MPa saat RH 34% namun hanya ± 2 MPa saat RH 54%. Hal ini disebabkan karena bahan film yang digunakan, yaitu pati dan CMC, merupakan polimer yang memiliki sifat higroskopis artinya mampu menyerap uap air yang ada di sekitarnya. Akibatnya ikatan antar polimer semakin renggang dan film menjadi semakin rapuh (Anggraeni dkk., 2016; Bourtoom, 2008; Setiani dkk., 2013).

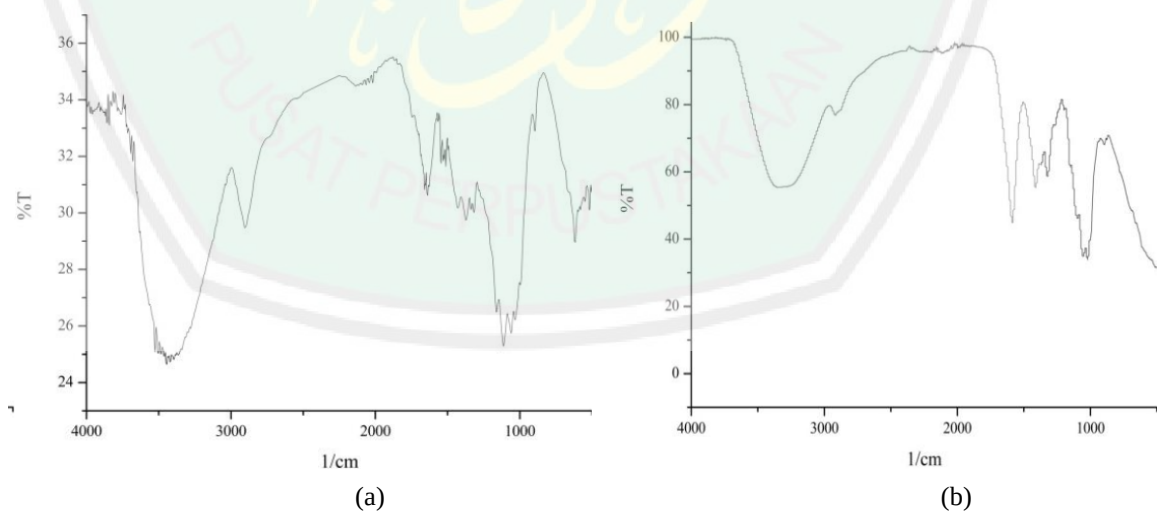
Faktor berikutnya yang juga mempengaruhi nilai kuat tarik film adalah konsentrasi NaOH yang digunakan saat proses sintesis CMC. Penelitian yang dilakukan oleh Asl *et al.* (2017) dan Rachtanapun & Rattanapanone (2011) dengan memvariasikan konsentrasi NaOH dapat diketahui bahwasanya nilai kuat tarik film akan semakin besar dengan bertambahnya konsentrasi NaOH. NaOH dalam sintesis CMC berperan sebagai pelarut dalam tahap alkalisasi. NaOH akan mengaktifkan gugus-gugus $-OH$ pada selulosa agar dapat bereaksi dengan gugus karboksimetil dari Na-MCA (sodium monokloroasetat) pada tahap karboksimetilasi CMC (Asl *et al.*, 2017; Ferdiansyah dkk., 2017). Semakin banyak gugus $-OH$ yang telah teraktifasi maka semakin banyak pula gugus karboksimetil dari Na-MCA yang dapat berikatan sehingga kemurniaan

CMC akan semakin tinggi. Persamaan reaksi pada tahap sintesis CMC adalah sebagai berikut (Asl *et al.*, 2017; Gupta *et al.*, 2020).



Gambar 3.7: Proses reaksi sintesis CMC (Gupta *et al.*, 2020)

Adanya gugus karboksil yang terbentuk pada proses sintesis CMC dapat diamati menggunakan instrumen FTIR (*Fourier-transform Infrared Spectroscopy*).



Gambar 3.8: Spektra IR dari a) selulosa jerami padi, b) CMC jerami padi (Nur dkk., 2016)

Tabel 3.6: Spektra IR dari selulosa dan CMC jerami padi (Nur dkk., 2016)

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		Gugus Fungsi	Rentang (cm ⁻¹)	Referensi
Selulosa	CMC			
3421	3351	-OH <i>stretching</i>	3200 - 3400	Pavia <i>et al.</i> (2009)
2902	2917	-CH- <i>stretching</i>	2850 - 3000	Pavia <i>et al.</i> (2009)
1460	1465	-CH ₂ <i>bending</i>	1465	Pavia <i>et al.</i> (2009)
1160	1037	C-O-C <i>stretching</i>	1000 - 1300	Pavia <i>et al.</i> (2009)
896	-	1,4-β dari selulosa	Sekitar 898	El-sakhawy <i>et al.</i> (2018)
-	1723	C=O <i>stretching</i>	1700-1725	Pavia <i>et al.</i> (2009)

Hasil spektra IR dalam gambar 3.8 dan tabel 3.6 tersebut dapat diketahui bahwasanya pada selulosa jerami padi terdapat puncak dengan intensitas kuat pada bilangan gelombang 3421 cm⁻¹ yang menunjukkan gugus hidroksil (-OH). Gugus -OH pada kisaran bilangan gelombang tersebut juga menunjukkan adanya ikatan hidrogen intramolekular. Gugus lain yang ditemukan yaitu gugus -CH- *stretching* (2902 cm⁻¹), -CH₂ *bending* (1460 cm⁻¹), dan C-O-C *stretching* (eter) (1160 cm⁻¹). Selain itu pada bilangan gelombang 896 cm⁻¹ juga ditemukan serapan IR yang menunjukkan adanya ikatan 1,4-β dari selulosa (El-sakhawy *et al.*, 2018; Nur dkk., 2016).

Hasil analisis FTIR CMC yang dihasilkan dari selulosa jerami padi menunjukkan munculnya beberapa bilangan gelombang yang hampir mirip dengan IR pada selulosa jerami padi, yaitu gugus -OH *stretching* (3351 cm⁻¹), gugus -CH- *stretching* (2917 cm⁻¹), -CH₂ *bending* (1465 cm⁻¹), dan C-O-C

stretching (eter) (1037 cm^{-1}). Namun terdapat spektra pada CMC yang membedakannya dengan spektra selulosa yaitu adanya gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) dari golongan gugus karboksil dengan puncak serapan bilangan gelombang 1723 cm^{-1} pada CMC jerami padi (Nur dkk., 2016).

Vibrasi OH stretching yang muncul pada spektra selulosa (3421 cm^{-1}) mengalami penurunan dan bergeser ke frekuensi yang lebih rendah (3351 cm^{-1}) setelah mengalami proses sintesis CMC. Gugus OH stretching pada spektra CMC juga mengalami penurunan absorbansi dibandingkan pada spektra selulosa. Hal ini disebabkan karena gugus OH dalam selulosa tergantikan oleh CH_2COONa pada CMC setelah direaksikan dengan Na-MCA (Asl *et al.*, 2017; Rachtanapun, 2009). Penurunan ikatan hidrogen intramolekul ini menyebabkan semakin pendeknya ikatan $\text{C}=\text{O}$ dan menaikkan gaya regang dari konstanta K sehingga mengakibatkan peningkatan frekuensi absorpsi dari gugus karbonil itu sendiri (Pavia *et al.*, 2009). Dalam hal ini gugus karbonil yang berperan adalah gugus karboksil seperti yang terlihat pada daerah serapan bilangan gelombang 1723 cm^{-1} .

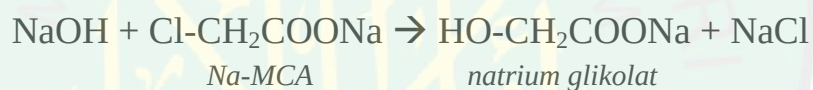
Nilai rata-rata gugus hidroksil yang tergantikan oleh gugus Na-karboksimetil dalam karbon selulosa nomor C_2 , C_3 , dan C_6 dinyatakan sebagai nilai derajat substitusi (DS). Menurut Standar Nasional Indonesia (*grade I*) dan Rowe *et al.* (2009), nilai standar DS pada CMC-Na adalah 0,7 - 1,2, sedangkan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (*grade II*) nilai DS CMC berada dalam rentang 0,4 - 1,0. Secara umum nilai DS CMC berkisar antara 0,4 – 1,3. Nilai $\text{DS} \geq 0,4$ maka CMC yang terbentuk akan larut dalam pelarut polar namun DS

dengan nilai $< 0,4$ akan didapatkan CMC yang tidak larut (Asl *et al.*, 2017; Waring & Parsons, 2001). Nilai DS berbanding lurus dengan kelarutan CMC dalam pelarut polar termasuk air (Ferdiansyah dkk., 2017).

Peningkatan nilai TS berkorelasi dengan peningkatan nilai DS. Hal ini dikarenakan pada DS yang tinggi menunjukkan bahwa telah banyak gugus hidroksil yang tersubstitusi oleh gugus karboksimetil sehingga lebih banyak ikatan antar molekul yang disebabkan oleh adanya gugus karboksimetil yang bermuatan negatif tersebut. Selain itu peningkatan gugus hidroksil yang telah tersubstitusi akan memperbesar kemungkinan terjadinya *crosslinking* dan mengakibatkan jarak antar polimer semakin rapat yang akan menghasilkan film dengan sifat yang lebih kuat (TS lebih besar) (Lechner & Lazik, 2001). Hal ini serupa dengan penelitian dari Rodsamran & Sothornvit (2017) yang memvariasikan perbandingan CMC yang digunakan antara CMC dari tunggul padi (DS = 0,64) dan CMC komersil (DS = 0,75). Hasilnya yaitu nilai TS semakin menurun dengan menurunnya jumlah CMC komersil dibandingkan jumlah CMC tunggul padi.

Pada konsentrasi NaOH yang tinggi, nilai TS cenderung mengalami penurunan, seperti dalam penelitian Asl *et al.* (2017) nilai TS meningkat pada konsentrasi NaOH 20% (± 22 MPa) ke 30% (37,34 MPa), kemudian menurun pada NaOH 40% (± 15 MPa) dan 50% (± 12 MPa). Sedangkan dalam penelitian Rachtanapun & Rattanapanone (2011), pada konsentrasi NaOH 20 - 50% nilai TS mengalami peningkatan namun kemudian menurun pada NaOH 60%.

Penurunan nilai TS pada konsentrasi NaOH yang tinggi tersebut disebabkan karena adanya produk samping yang terbentuk selama proses sintesis CMC yaitu natrium glikolat dan adanya degradasi polimer (Asl *et al.*, 2017; Gupta *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2004). Terbentuknya natrium glikolat akan menurunkan nilai DS dari CMC. Seperti contoh pada proses sintesis CMC yang bersumber dari sekam padi, produk sampingan natrium glikolat sebesar 3,29% akan menghasilkan DS 0,53. Berbeda dengan CMC dari ampas tebu dengan natrium glikolat hanya 0,6% akan menghasilkan nilai DS yang lebih tinggi yaitu 0,65 (Gupta *et al.*, 2020). Reaksi terbentuknya produk samping tersebut adalah sebagai berikut (Asl *et al.*, 2017; Gupta *et al.*, 2020):



Penurunan nilai DS dapat menurunkan nilai kuat tarik film yang dibuat karena menurunnya gaya antarmolekul dalam komponen CMC penyusun film, baik film berbasis CMC tunggal (Asl *et al.*, 2017; Rachtanapun & Rattanapanone, 2011) maupun film kombinasi antara pati dan CMC (Gupta *et al.*, 2020).

Nilai DS tertinggi dalam Asl *et al.* (2017) senilai 0,78 yaitu pada konsentrasi NaOH 30% sehingga dihasilkan nilai TS tertinggi pula diantara sampel lainnya. Sedangkan dalam Rachtanapun & Rattanapanone (2011), nilai DS dan TS tertinggi terdapat pada konsentrasi NaOH 50%. Perbedaan konsentrasi NaOH yang menghasilkan nilai DS tertinggi ini dapat dipengaruhi oleh jumlah selulosa maupun konsentrasi larutan NaOH yang digunakan selama proses sintesis CMC, serta sumber tanaman yang digunakan dengan

adanya perbedaan kadar selulosa pada masing-masing tanaman (Asl *et al.*, 2017; Gupta *et al.*, 2020; Rachtanapun & Rattanapanone, 2011).

b. Analisis Nilai Elongasi *Edible film* Berbasis Polisakarida Tanaman

Nilai persen perpanjangan (*elongation at break/EB*), seperti halnya nilai kuat tarik, juga dapat dipengaruhi oleh konsentrasi pati dan CMC yang digunakan, nilai kelembaban relatif selama masa penyimpanan film, serta konsentrasi NaOH yang digunakan selama proses sintesis CMC (Asl *et al.*, 2017; Ketslip *et al.*, 2002; Rachtanapun, 2009; Tongdeesoontorn *et al.*, 2011)..

Konsentrasi CMC yang ditambahkan pada film kombinasi pati – CMC berkorelasi dengan peningkatan nilai EB film, sebagaimana penelitian dari Putri *et al.* (2018) dengan nilai EB yang meningkat dari 14 ke 65% (CMC 0 – 25% (b/b pati). Peningkatan ini juga terjadi pada beberapa literatur lain, yaitu pada kombinasi pati lindur – CMC (Nurindra dkk., 2019), pati sagu – CMC (Imran dkk., 2014), maupun pati ubi nagara – CMC (Ningsih dkk., 2019). Peningkatan ini disebabkan karena CMC memiliki *gel strenght* yang tinggi dengan adanya peningkatan jumlah ikatan hidrogen sehingga akan meningkatkan kemampuan mengikat air yang lebih baik (Ningsih dkk., 2019).

Ghanbarzadeh *et al.* (2010) dalam hasil penelitiannya menyatakan bahwa penambahan CMC tidak meningkatkan nilai EB namun menurunkan nilai EB walaupun tidak secara signifikan. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan asam sitrat dalam sampel penelitiannya yang bertindak sebagai *cross linking agent* atau agen ikatan silang. Asam sitrat ditambahkan dengan

tujuan untuk mengurangi permeabilitas film terhadap uap air sehingga diharapkan film yang dihasilkan tidak mudah rapuh (Ghanbarzadeh *et al.*, 2011). Namun adanya asam sitrat ini menyebabkan efek penguatan CMC melemah dan tidak dapat berinteraksi erat dengan pati (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010).

Besar RH juga berpengaruh terhadap nilai EB yang didapatkan. Tongdeesoontorn *et al.* (2011) mengamati bahwasanya film dari pati singkong dan CMC yang disimpan pada RH 54% menghasilkan nilai EB yang lebih besar dibandingkan yang disimpan pada RH 34% pada semua sampel penelitiannya (tabel 3.4). Hal ini terkait sifat higroskopis dari pati dan CMC sehingga pada RH tinggi, film akan lebih mudah menyerap uap air di sekitarnya yang dapat menyebabkan peningkatan elastisitas dari film (Bourtoom, 2008).

Faktor selanjutnya yaitu konsentrasi NaOH yang digunakan. Dari hasil penelitian Asl *et al.* (2017) dapat diketahui bahwasanya nilai elongasi pada konsentrasi NaOH 20 – 40% yang digunakan untuk sintesis CMC, mengalami peningkatan ($EB = \pm 2 - \pm 7\%$) kemudian menurun pada NaOH 50% ($EB = 6\%$). Begitu pula dalam penelitian Rachtanapun & Rattanapanone (2011), nilai elongasi meningkat pada konsentrasi NaOH 30 – 50% ($EB = \pm 1,6 - \pm 2,8\%$) kemudian menurun pada NaOH 60% ($EB = 2,3\%$).

Peningkatan nilai EB dapat dipengaruhi oleh semakin tingginya konsentrasi NaOH saat sintesis CMC karena pada keadaan tersebut rantai polimer NaOH semakin membengkok sehingga menurunkan kristalinitas dan

meningkatkan fleksibilitas selulosa. Namun pada konsentrasi NaOH yang tinggi, film CMC menghasilkan fleksibilitas yang lebih rendah karena terjadi reaksi hidrolisis dalam rantai selulosa (Rachtanapun & Rattanapanone, 2011).

Nilai EB juga berkorelasi dengan nilai DS pada masing-masing CMC. DS yang rendah dapat disebabkan oleh adanya produk samping natrium glikolat (Asl *et al.*, 2017; Gupta *et al.*, 2020). Ketika kandungan natrium glikolat meningkat, kristalinitas CMC juga meningkat yang mengakibatkan penurunan gaya antarmolekul CMC sehingga nilai EB akan menurun (Toğrul & Arslan, 2003).

Penelitian terkait kombinasi CMC tunggul padi (DS = 0,64) dan CMC komersil (DS = 0,75) menghasilkan nilai EB yang lebih tinggi apabila jumlah CMC komersil yang digunakan lebih banyak (Rodsamran & Sothornvit, 2017). Begitu pula pada penelitian Gupta *et al.* (2020) yang mengombinasikan pati dengan CMC komersil, CMC sekam padi, atau CMC ampas tebu. Nilai EB yang dihasilkan dari terendah ke tertinggi secara berurutan yaitu pada film yang menggunakan CMC komersil (DS = 0,51), kemudian CMC sekam padi (DS = 0,53), disusul dengan CMC ampas tebu (DS = 0,65).

3.5.2 Pengaruh *Plasticizer* Gliserol terhadap Nilai Kuat Tarik dan Elongasi *Edible film* Berbasis Polisakarida Tanaman

Edible film berbasis polisakarida walaupun memiliki kelebihan terkait sifat biodegradabilitasnya namun memiliki kekurangan terkait sifat mekanik yang dihasilkan, yaitu memiliki nilai dan sifat tarik yang buruk serta

permeabilitas terhadap uap air yang masih tinggi. Hal ini menjadi kelemahan utama film berbasis polisakarida. Kelemahan tersebut disebabkan oleh adanya sifat hidrofilik atau kepekaan terhadap kadar air dari pati dan selulosa yang sulit dihilangkan (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010). Selain mengombinasikan jenis polisakarida, permasalahan tersebut juga dapat diatasi dengan penambahan *plasticizer* (Asl *et al.*, 2017; Ghanbarzadeh *et al.*, 2010; Tongdeesoontorn *et al.*, 2011).

Plasticizer didefinisikan sebagai zat non volatil, bertitik didih tinggi, dan dapat mengubah sifat fisik dari suatu material seperti pada film. *Plasticizer* berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekular dan meningkatkan jarak antar molekul dari polimer, sehingga film akan lentur ketika dibengkokkan (Rodríguez *et al.*, 2006). Dalam penelitian ini, *plasticizer* yang dikaji yaitu gliserol karena merupakan *plasticizer* yang paling sering digunakan (Tongdeesoontorn *et al.*, 2011), stabil dan mudah dalam proses pembuatan film (Tongdeesoontorn *et al.*, 2011; Veiga-Santos *et al.*, 2008), serta gliserol merupakan *plasticizer* terbaik untuk polimer yang larut air karena adanya gugus hidroksil yang dimilikinya (Souza *et al.*, 2009). Sebagai perbandingan, *plasticizer* jenis lain juga turut dikaji.

Tabel 3.7: Nilai kuat tarik dan elongasi *edible film* dari artikel yang memvariasikan *plasticizer* gliserol

Penulis	Tujuan	Polisakarida	Plasticizer	Konsentrasi Plasticizer	Nilai Kuat Tarik (MPa)	Nilai Elongasi (%)	
(Li & Huneault, 2011)	Mengetahui pengaruh dari konsentrasi gliserol	Pati gandum	Gliserol	33 %	± 17	-	
				36 %	± 4	-	
				39 %	± 2	-	
(Mali <i>et al.</i> , 2006)	Mengetahui pengaruh dari konsentrasi gliserol	Pati jagung	Gliserol	0 % (b/b pati)	± 37	± 3	
				20 % (b/b pati)	± 17	± 9	
				40 % (b/b pati)	± 9	± 28	
		Pati singkong		0 % (b/b pati)	± 26	± 6	
				20 % (b/b pati)	± 10	± 33	
				40 % (b/b pati)	± 4	± 46	
		Pati ubi		0 % (b/b pati)	± 49	± 3	
				20 % (b/b pati)	± 30	± 13	
		40 % (b/b pati)	± 10	± 25			

Penulis	Tujuan	Polisakarida	Plasticizer	Konsentrasi Plasticizer	Nilai Kuat Tarik (MPa)	Nilai Elongasi (%)
(Souza <i>et al.</i> , 2012)	Mengetahui pengaruh dari konsentrasi gliserol	Pati singkong	Gliserol	0 (g/100 g larutan)	6,06	158,78
				0,17 (g/100 g larutan)	2,37	213,43
				0,34 (g/100 g larutan)	1,85	191,24
				0,50 (g/100 g larutan)	2,72	168,64
				0,75 (g/100 g larutan)	2,25	89,85
(Isotton <i>et al.</i> , 2015)	Mengetahui pengaruh perbedaan jenis dan konsentrasi plasticizer	Pati jagung	Gliserol	15 %	2,0	179,0
				20 %	1,1	168,4
			Sorbitol	25 %	ND	ND
				15 %	33,3	11,8
		PVA	Sorbitol	20 %	27,8	16,6
				25 %	17,9	59,2
			PVA	15 %	38,8	12,0
				20 %	34,8	16,8
				25 %	39,3	50,9

Penulis	Tujuan	Polisakarida	Plasticizer	Konsentrasi Plasticizer	Nilai Kuat Tarik (MPa)	Nilai Elongasi (%)
(Özeren <i>et al.</i> , 2020)	Mengetahui pengaruh gugus – OH dari <i>plasticizer</i>	Pati jagung (amilopektin saja)	Glukosa	30 : 70 pati	-	-
				40 : 60 pati	± 11	-
			Sorbitol	30 : 70 pati	± 28	-
				40 : 60 pati	± 7	-
			Xylitol	30 : 70 pati	± 23	-
				40 : 60 pati	± 8	-
			Dietanolamin	30 : 70 pati	± 11	-
				40 : 60 pati	± 2	-
			Trietanolamin	30 : 70 pati	± 12,5	-
				40 : 60 pati	± 2,5	-
			Gliserol	30 : 70 pati	± 9	-
				40 : 60 pati	± 3	-

Penulis	Tujuan	Polisakarida	Plasticizer	Konsentrasi Plasticizer	Nilai Kuat Tarik (MPa)				Nilai Elongasi (%)
(Sanyang <i>et al.</i> , 2015)	Mengetahui pengaruh perbedaan jenis dan konsentrasi plasticizer	Pati aren	Gliserol	15% (b/b pati)	9,59				26,52
				30% (b/b pati)	2,64				61,63
				45% (b/b pati)	1,67				28,39
			Sorbitol	15% (b/b pati)	28,35				5,38
				30% (b/b pati)	11,79				34,50
				45% (b/b pati)	5,84				50,35
			Gliserol + sorbitol (1:1)	15% (b/b pati)	15,82				15,10
				30% (b/b pati)	7,79				46,65
				45% (b/b pati)	3,99				34,27
(Mali <i>et al.</i> , 2005)	Mengetahui pengaruh perbedaan jenis dan konsentrasi plasticizer	Pati singkong	Tanpa plasticizer	RH (%)	32	58	75	90	
				-	42	24	20	15	-
				20 % (b/b pati)	20	6	3	0	-
			Gliserol : sorbitol	20 : 20 % (b/b pati)	26	15	10	0	-
				20 % (b/b pati)	32	24	18	0	-
				40 % (b/b pati)	4	2	0	0	-
			Gliserol : sorbitol	40 : 40 % (b/b pati)	10	2	0	0	-
				40 % (b/b pati)	20	2	0	0	-
				40 % (b/b pati)	20	2	0	0	-

Penulis	Tujuan	Polisakarida	Plasticizer	Konsentrasi Plasticizer			Nilai Kuat Tarik (MPa)			Nilai Elongasi (%)		
				RH (%)			33	54	76	33	54	76
(Talja <i>et al.</i> , 2007)	Mengetahui pengaruh konsentrasi gliserol dan nilai RH	Pati kentang	Gliserol	20% (b/b solid)			± 39	± 25	± 17	± 4	± 4	± 18
				30% (b/b solid)			± 13	± 9	± 4	± 10	± 31	± 38
				40% (b/b solid)			± 2	± 2	± 3	± 50	± 32	± 39
				1%			± 1,75			± 18		
Asl <i>et al.</i> , 2017	Mengetahui pengaruh konsentrasi gliserol	CMC Ampas Tebu	Gliserol	2%			± 1,25			± 55		
				3%			± 0,75			± 65		
				0 mL			± 18,5			± 3		
(Rachtanapun & Rattanapanone, 2011)	Mengetahui pengaruh konsentrasi gliserol	CMC <i>Mimosa pigra</i> (putri malu)	Gliserol	0,1 mL (3,33% v/b CMC)			± 10			± 15		
				0,2 mL (6,66% v/b CMC)			± 7			± 25		
				0,3 mL (10% v/b CMC)			± 6			± 27		

Penulis	Tujuan	Polisakarida	Plasticizer	Konsentrasi Plasticizer	Nilai Kuat Tarik (MPa)	Nilai Elongasi (%)
(Rodsamran & Sothornvit, 2017)	Mengetahui pengaruh gliserol dan penambahan olive oil	CMC komersil (CMCc)	Kontrol	0	20,90	1,59
			Gliserol	10% b/b CMC	15,88	3,13
				20% b/b CMC	13,87	7,45
				30% b/b CMC	11,59	11,24
			Olive oil	10% b/b CMC	31,69	3,98
				20% b/b CMC	40,45	4,03
				30% b/b CMC	54,25	2,67
				40% b/b CMC	61,60	1,51
			Gliserol : olive oil	5 : 5	19,59	3,85
				5 : 15	33,14	2,72
5 : 25	36,43	2,39				
(Rachtanapun, 2009)	Mengetahui pengaruh perbedaan konsentrasi gliserol	Pati jagung + CMC kulit pepaya (75 : 25)	10 : 10	32,65	6,03	
			10 : 30	39,68	4,14	
			0 mL	27,75	2,587	
			1 mL (3,33% v/b)	24,48	2,839	
			2 mL (6,66% v/b)	23,22	3,015	
			3 mL (10% v/b)	21,10	3,543	

Penulis	Tujuan	Polisakarida	Plasticizer	Konsentrasi Plasticizer	Nilai Kuat Tarik (MPa)	Nilai Elongasi (%)
(Nguyenvu & Lumdubwong, 2016)	Mengetahui perbedaan pengaruh dari plasticizer gliserol dan sorbitol	Pati singkong	Gliserol	33% (b/b pati)	2,85	18,82
			Sorbitol	33% (b/b pati)	6,77	14,84
		Pati kacang hijau	Gliserol	33% (b/b CMC)	9,34	21,37
			Sorbitol	33% (b/b CMC)	19,20	12,89
		Pati singkong : pati kacang hijau = 50 : 50	Gliserol	33% (b/b pati + CMC)	7,93	21,32
			Sorbitol	33% (b/b pati + CMC)	15,87	10,84

Hasil nilai kuat tarik dan elongasi dari beberapa literatur seperti pada tabel 3.7 di atas, dapat diketahui bahwasanya secara umum dengan meningkatnya konsentrasi *plasticizer* yang ditambahkan pada *edible film* polisakarida, akan menurunkan nilai kuat tarik namun menaikkan nilai elongasi. Hal ini sesuai dengan pendapat dari Krochta & De Mulder-Johnston (1997) yang telah menyatakan bahwa nilai kuat tarik berbanding terbalik dengan nilai elongasi terhadap pengaruh adanya *plasticizer*, baik film dari polisakarida tunggal maupun kombinasi. Nilai kuat tarik dan elongasi selain konsentrasi *plasticizer* yang digunakan juga dipengaruhi oleh jenis *plasticizer* yang ditambahkan, kadar amilosa dalam pati sebagai basis filmnya, serta nilai RH selama penyimpanan *edible film* (Ketslip *et al.*, 2002; Rachtanapun, 2009; Rodsamran & Sothornvit, 2017; Sanyang *et al.*, 2015).

a. Analisis Pengaruh *Plasticizer* Gliserol terhadap Nilai Kuat Tarik *Edible film* Berbasis Polisakarida Tanaman

Plasticizer (baik gliserol maupun jenis yang lain), secara umum dapat menurunkan nilai kuat tarik dari suatu *edible film*. Sebagaimana penelitian dari Li & Huneault (2011) yang menghasilkan nilai kuat tarik film berbasis pati gandum sebesar 17 MPa; 4 MPa; dan 2 MPa pada penambahan konsentrasi gliserol 33%, 36% dan 39%. Mali *et al.* (2006) dalam penelitiannya dengan konsentrasi gliserol 0 – 40% juga mengalami penurunan TS baik pada pati jagung (TS dari 37 ke 9 MPa), pati singkong (TS dari 26 ke 4 MPa), dan pati ubi (TS dari 49 ke 10 MPa). Penurunan nilai TS juga terjadi pada pati aren

dengan TS dari 9,59 ke 1,67 MPa (gliserol 15 – 45%) (Sanyang *et al.*, 2015) dan pati kentang dengan TS dari ± 39 ke 12 MPa (gliserol 20 – 40%) (Talja *et al.*, 2007).

Penurunan TS karena pengaruh *plasticizer* selain terjadi pada film pati, juga terjadi pada film CMC (Asl *et al.*, 2017; Rachtanapun & Rattanapanone, 2011; Rodsamran & Sothornvit, 2017) maupun kombinasi pati – CMC (Rachtanapun, 2009). Rodsamran & Sothornvit (2017) dalam penelitiannya menggunakan CMC komersil, dengan penambahan gliserol 10, 20, dan 30% dari berat CMC yang digunakan, menghasilkan nilai TS secara berurutan sebesar 15,88; 13,87 dan 11,59 MPa. Pada penelitian Rachtanapun (2009) juga menghasilkan nilai TS yang menurun dari 27,75 ke 21,10 MPa dengan adanya penambahan gliserol dari 0 – 3 mL. Penelitian ini menggunakan pati jagung dan CMC kulit pepaya (75 : 25) sebagai basis filmnya.

Fenomena penurunan nilai TS ini dapat dijelaskan melalui peran *plasticizer* dalam mengurangi daya tarik atau ikatan hidrogen di dalam rantai molekul pati maupun CMC dengan membentuk ikatan hidrogen antara *plasticizer* dan molekul pati maupun CMC tersebut. Penurunan gaya antarmolekul di dalam pati maupun CMC inilah yang menyebabkan penurunan gaya tarik film (Muscat *et al.*, 2012; Sanyang *et al.*, 2015).

Keefektifan *plasticizer* dipengaruhi oleh jumlah gugus hidroksil penyusunnya (Aydin & Ilberg, 2016; Esmaeili *et al.*, 2017). Gliserol dianggap sebagai *plasticizer* yang paling efektif bagi polimer polar dibandingkan jenis poliol yang lain, artinya bahwa gliserol lebih berpengaruh terhadap perubahan

sifat mekanik film ketika ditambahkan selama proses pembuatan film (Aydin & Ilberg, 2016; Esmaeili *et al.*, 2017; Li & Huneault, 2011; Nguyenvu & Lumdubwong, 2016). Untuk mengetahui perbedaan keefektifan *plasticizer*, Özeren *et al.* (2020) dalam penelitiannya membuat film berbasis pati jagung dengan menggunakan 6 jenis *plasticizer* yang berbeda, yaitu gliserol, sorbitol, xylitol, glukosa, trietanolamin dan dietanolamin.

Gliserol, sorbitol, xylitol, dan glukosa merupakan *plasticizer* golongan poliol linier dengan adanya perbedaan pada jumlah gugus hidroksilnya. Gliserol memiliki 3 gugus OH, sorbitol 5 gugus OH, dan xylitol 6 gugus OH. Sedangkan glukosa mempunyai 5 gugus OH dengan bentuk molekul siklik. Golongan etanolamin dipilih karena diklaim baik sebagai *plasticizer* bagi polimer polar (Jost & Stramm, 2016; Vieira *et al.*, 2011). Trietanolamin berbentuk nonlinier bintang dengan 3 gugus –OH, sedangkan dietanolamin berbentuk linier dengan 2 gugus –OH. Untuk mengetahui adanya pengaruh gugus –OH, Özeren *et al.* (2020) juga meneliti terkait pembentukan dan kerapatan ikatan hidrogen (*HB density*) yang terdapat di dalam molekul film pati. Mekanisme *plasticizer* dalam struktur film pati yaitu dengan mengurangi derajat ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekular dan meningkatkan jarak antar molekul dari polimer sehingga akan dihasilkan film yang lebih fleksibel namun lebih rapuh (Rodríguez *et al.*, 2006).

Hasil penelitian dari Özeren *et al.* (2020) tersebut, didapatkan bahwa gliserol dan golongan etanolamin menghasilkan film yang kurang kuat dan kurang kaku yang dibuktikan dengan lebih rendahnya nilai TS dibandingkan

xylitol dan sorbitol. Ditinjau dari hasil uji kepadatan HB, pembentukan ikatan hidrogen yang paling rendah antara pati dan *plasticizer* dijumpai pada film dengan menggunakan gliserol sehingga menghasilkan nilai TS yang paling rendah pula. Penurunan nilai kuat tarik disebabkan oleh semakin banyaknya jumlah *plasticizer* yang mengisi ruang-ruang diantara molekul polimer pati dalam bentuk ikatan hidrogen sehingga jarak antara rantai polimer pati menjadi renggang. Adanya ikatan hidrogen menyebabkan terjadinya penurunan mobilitas antar molekul pati (Waryono, 2019).

Özeren *et al.* (2020) dalam penelitiannya tersebut menyatakan bahwa jumlah gugus –OH bukan satu-satunya faktor penentu keefektifan *plasticizer*. Sanyang *et al.* (2016) menyebutkan bahwa massa molar yang kecil dari gliserol yaitu 92 g/mol yang dibandingkan dengan sorbitol (182 g/mol) juga dapat meningkatkan keefektifan gliserol karena gliserol lebih mudah disisipkan di antara rantai polimer dan akibatnya memberikan pengaruh yang lebih pada sifat mekanis film (Muscat *et al.*, 2012; Sanyang *et al.*, 2016).

Sorbitol merupakan zat dengan karakteristik berupa cairan dengan titik leleh 110 - 112°C sedangkan gliserol 17,8°C. *Plasticizer* gliserol juga dinyatakan lebih efektif daripada sorbitol karena pada pembuatan film, sorbitol rentan mengalami kristalisasi apabila tidak dikombinasikan dengan *plasticizer* lain sehingga dapat mengganggu produksi *edible film* (Krogars *et al.*, 2003; Talja *et al.*, 2007). Pada pembuatan film, suhu yang digunakan adalah <90°C sehingga kurang dapat melarutkan sorbitol secara sempurna (Anggraeni dkk., 2016).

Ghanbarzadeh *et al.* (2010) menyatakan bahwa walaupun gliserol mampu meningkatkan elastisitas dan perpanjangan film, namun gliserol juga dapat meningkatkan hidrofilisitas film yang menghasilkan permeabilitas terhadap air atau *Water Vapor Permeability* (WVP) yang masih tinggi. Dari hasil penelitian dari Rodsamran & Sothornvit (2017), film dari CMC dengan menggunakan gliserol dari 10% ke 30% menghasilkan nilai WVP dari $2,68 \times 10^{-10}$ ke $5,16 \times 10^{-10}$ g/msPa. Untuk mengatasi permasalahan ini, asam lemak, lipid, dan minyak nabati sering ditambahkan ke dalam pembuatan film (Ma *et al.*, Ma *et al.*, 2012), seperti penambahan olive oil ke dalam film berbasis CMC (Rodsamran & Sothornvit, 2017). Hasil yang didapat ialah, olive oil dapat meningkatkan nilai TS yang disebabkan adanya efek *cross linking* atau ikatan silang dari olive oil sehingga menurunkan mobilitas polimer CMC (Pereda *et al.*, 2012; Rodsamran & Sothornvit, 2017).

Pada penggunaan *plasticizer* yang sama namun jenis pati yang digunakan berbeda akan menghasilkan nilai TS yang berbeda pula. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan amilosa dan amilopektin yang terdapat dalam pati sebagai basis film. Seperti halnya penelitian dari Mali *et al.* (2006) dengan menggunakan gliserol pada film pati jagung, pati singkong, dan pati ubi. Pati ubi menghasilkan film yang lebih kuat (49 MPa) dibandingkan pati jagung (37 MPa) maupun pati singkong (26 MPa). Dengan penambahan konsentrasi gliserol pun, pati ubi menunjukkan semakin tingginya peningkatan TS. Hal ini terjadi karena pati ubi memiliki kandungan amilosa yang lebih tinggi yaitu 29% (pati jagung = 25% dan pati singkong 19%) (Mali *et al.*, 2006).

Amilosa menyusun struktur yang linier di dalam pati. Berbeda dengan amilopektin yang tersusun secara bercabang. Ketika butiran pati dipanaskan dalam air, pati akan membengkak kemudian pecah dan melepaskan amilosa dan amilopektin. Rantai amilopektin yang bercabang memiliki sedikit kecenderungan untuk berinteraksi dengan hidrogen. Sedangkan amilosa mudah untuk berinteraksi dengan hidrogen sehingga menghasilkan film yang lebih kaku dan lebih kuat (Cano *et al.*, 2014; Mali *et al.*, 2006). Yulianti & Ginting (2012) menyebutkan bahwa kandungan amilopektin dalam pati berpengaruh terhadap kestabilan film sedangkan amilosa dapat mempengaruhi kekompakan film.

Kondisi lingkungan tempat penyimpanan film yang meliputi nilai RH, juga dapat mempengaruhi nilai kuat tarik film yang dihasilkan. Bahan polimer yang digunakan yaitu pati dan CMC serta *plasticizer* gliserol yang ditambahkan merupakan bahan yang peka terhadap uap air karena bersifat higroskopis. Akibatnya pada nilai RH yang semakin tinggi, uap air yang masuk dalam ikatan antar polimer film semakin banyak yang menyebabkan film akan semakin rapuh (Anggraeni dkk., 2016; Bourtoom, 2008; Mali *et al.*, 2005; Talja *et al.*, 2007). Sebagaimana hasil penelitian dari Talja *et al.* (2007) dengan menggunakan gliserol 20% (b/b pati), nilai TS film pati singkong yang disimpan pada kondisi RH 32% (20 MPa) lebih besar daripada RH 58% (6 MPa) dan semakin rendah nilainya hingga RH 90% (0 MPa).

b. Analisis Pengaruh *Plasticizer* Gliserol terhadap Nilai Elongasi *Edible film* Berbasis Polisakarida Tanaman

Nilai elongasi, sama halnya seperti nilai kuat tarik, juga dapat dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang digunakan, kadar amilosa dalam film berbasis pati, serta nilai RH selama penyimpanan *edible film* (Ketslip *et al.*, 2002; Rachtanapun, 2009; Rodsamran & Sothornvit, 2017; Sanyang *et al.*, 2015).

Ditinjau dari mekanisme dari *plasticizer* sendiri, baik gliserol maupun jenis yang lain, semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang digunakan, nilai EB akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan adanya efek dari pengurangan ikatan hidrogen antara molekul polimer yang menyebabkan ruang di dalam polimer semakin meningkat, sehingga mobilitas polimer juga akan meningkat. Film yang dihasilkan pun akan semakin elastis. Seperti pada penelitian Mali *et al.* (2006), dengan penambahan gliserol dari 0%, 20%, dan 40% akan meningkatkan EB dari 3% ke 28% (pati jagung), 6% ke 46% (pati singkong), dan dari 3% ke 25% (pati ubi). Begitu pula pada penelitian dengan menggunakan CMC ampas tebu (gliserol 1 - 3%; EB 18 - 65%) (Asl *et al.*, 2017), CMC *Mimosa pigra* (gliserol 0 - 0,3 mL; EB 3 - 27%) (Rachtanapun & Rattanapanone, 2011), CMC komersil (gliserol 10 - 30%; EB 3,13 - 11,24%) (Rodsamran & Sothornvit, 2017), maupun kombinasi pati jagung dan CMC kulit pepaya (Rachtanapun, 2009) juga akan meningkatkan nilai EB seiring dengan meningkatnya *plasticizer* (gliserol 0 - 3 mL; EB 2,59 - 3,54%).

Peningkatan EB ternyata tidak terjadi pada semua konsentrasi gliserol yang ditambahkan. Souza *et al.* (2012) melaporkan bahwa EB meningkat dari penambahan gliserol dengan konsentrasi 0,17% (b/b larutan) dengan nilai EB 213,43%, namun kemudian menurun pada konsentrasi gliserol 0,34 – 0,75% (b/b larutan) dengan nilai EB hanya mencapai 89,85%. Penurunan ini diklaim karena adanya efek *antiplasticizer* pada kandungan gliserol yang tinggi sehingga terjadi interaksi yang kuat antara gliserol dan polimer yang menyebabkan hilangnya mobilitas makromolekul (Souza *et al.*, 2012). Efek *antiplasticizer* ini juga dilaporkan oleh Sanyang *et al.* (2015) pada penggunaan gliserol mulai 45%.

Pada konsentrasi *plasticizer* yang sama, nilai EB dari gliserol lebih tinggi daripada sorbitol (Isotton *et al.*, 2015; Nguyenvu & Lumdubwong, 2016; Sanyang *et al.*, 2015). Hal ini disebabkan gliserol lebih dapat mengurangi ikatan hidrogen antar molekul pati. Berdasarkan spektra FTIR, Nguyenvu & Lumdubwong (2016) mengamati adanya gugus –OH pada daerah serapan 3293 – 3296 cm^{-1} pada pati kacang hijau dan pati singkong yang dilapisi gliserol, sedangkan pada daerah 3282 – 3283 cm^{-1} pada film yang dilapisi sorbitol. Berdasarkan nilai tersebut maka dapat dinyatakan pati dengan sorbitol memiliki keselarasan yang erat dengan setiap molekul yang dapat membentuk ikatan –H antarmolekul sehingga menghasilkan nilai EB yang lebih rendah (Nguyenvu & Lumdubwong, 2016).

Perbandingan jumlah amilosa dan amilopektin dalam pati juga berpengaruh terhadap nilai EB film. Pada pati dengan kadar amilosa yang

tinggi, menghasilkan nilai EB yang lebih kecil daripada pati dengan amilosa rendah. Seperti halnya pada penelitian Mali *et al.* (2006), dengan konsentrasi gliserol yang sama (20 dan 40%), pati ubi menghasilkan nilai EB yang lebih kecil yaitu 13 dan 25% dibandingkan EB pati singkong yaitu 33 dan 46%. Diketahui bahwasanya amilosa pati ubi sebesar 29% sedangkan pati singkong 19%. Amilosa merupakan struktur dalam pati yang lurus sehingga cenderung untuk dapat berinteraksi dengan polimer pati membentuk ikatan hidrogen. Semakin tinggi pembentukan ikatan hidrogen antara amilosa dan *plasticizer*, ruang gerak polimer akan semakin berkurang sehingga kurang elastis (Mali *et al.*, 2006; Nguyenvu & Lumdubwong, 2016).

Penambahan olive oil sebagai agen *cross linking* pada polisakarida berbasis CMC tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai EB. Pada konsentrasi CMC 10, 20, 30, 40% (b/b CMC) dengan adanya olive oil (tanpa gliserol) menghasilkan EB secara berurutan yaitu 3,98; 4,03; 2,67; dan 1,51. Berbeda dengan penggunaan gliserol yang dapat mencapai EB sebesar 11,24% pada CMC 40%. Apabila gliserol dan olive oil dikombinasikan dengan perbandingan konsentrasi 10:10, nilai EB dapat mencapai 6,03% dengan nilai TS 32,65 MPa. Selain itu, film yang dihasilkan juga memiliki nilai WVP yang lebih rendah dibandingkan film yang tidak dikombinasikan. Nilai WVP film dengan menggunakan gliserol 30% yaitu $5,16 \times 10^{-10}$ g/msPa, dengan olive oil 30% nilainya mencapai $2,06 \times 10^{-10}$ g/msPa, sedangkan dengan gliserol 10% dan olive oil 10%, nilai WVP turun menjadi $1,93 \times 10^{-10}$ g/msPa (Rodsamran & Sothornvit, 2017). Sehingga pengombinasian gliserol dengan olive oil dapat

menjadi solusi untuk menghasilkan film yang kuat, elastis, dengan permeabilitas terhadap air yang rendah.

Nilai EB juga dipengaruhi oleh nilai RH saat penyimpanan film. Talja *et al.* (2007) mengamati adanya pengaruh RH dengan sampel berupa pati kentang dengan gliserol 30%. Hasil yang didapat ialah nilai EB meningkat dengan meningkatnya nilai RH, yang secara berurutan adalah 10% (RH 33%), 31% (RH 54%) dan 38% (RH 76%). Terkait fenomena ini Bourtoom (2008) menjelaskan bahwa baik pati, CMC, maupun gliserol bersifat higroskopis sehingga pada RH tinggi, film akan lebih mudah menyerap uap air di sekitarnya yang dapat menyebabkan peningkatan elastisitas dari film karena semakin renggangnya ikatan antar polimer.

3.6 Kajian Penelitian dalam Perspektif Islam

Al-quran dan hadits merupakan sumber hukum utama dalam agama Islam. Al-quran sebagai mukjizat Nabi Muhammad SAW mengandung berbagai macam petunjuk dan pembelajaran di dalamnya. Dalam salah satu ayat di dalam al-quran, Allah SWT menjelaskan bahwa dalam penciptaan bumi dan seisinya terdapat hikmah dan manfaat yang terkandung di dalamnya. Tidak ada yang sia-sia atas penciptaan Allah SWT dan hikmah tersebut hanya dapat diketahui bagi orang-orang yang berakal, seperti halnya manfaat dari diciptakannya berbagai macam tumbuhan. Allah SWT berfirman dalam QS. Thaha [20] ayat 53 yaitu:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَوَسَّلَ لَكُم فِيهَا سُبُلًا وَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً ۖ فَخَرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِّن نَّبَاتٍ
شَتَّىٰ (٥٣) كُلُوا وَارْعَوْا أَنْعَامَكُمْ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّأُولِي النُّهَىٰ (٥٤)

Artinya: "(Tuhan) yang telah menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu, dan menjadikan jalan-jalan di atasnya bagimu, dan yang menurunkan air (hujan) dari langit. Kemudian Kami tumbuhkan dengannya (air hujan itu) berjenis-jenis aneka macam tumbuh-tumbuhan. Makanlah dan gembalakanlah hewan-hewanmu. Sungguh, pada yang demikian itu, terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal" (QS. Thaha [20]: 53-54)

Prof. Dr. AG. H. Muhammad Quraish Shihab, Lc., M.A. dalam Tafsir al-Misbah, menafsirkan ayat tersebut dengan perkataan beliau yaitu: "Dia, yakni Tuhan itu juga Yang telah menjadikan bagi kamu di bumi itu jalan-jalan yang mudah kamu tempuh, dan menurunkan dari langit air, yakni hujan sehingga tercipta sungai-sungai dan danau, maka Kami tumbuhkan dengannya, yakni dengan perantaraan hujan itu berjenis-jenis tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam jenis, bentuk, rasa, warna dan manfaatnya. Itu semua Allah ciptakan buat kamu dan binatang-binatang kamu, karena itu makan dan gembalakanlah binatang-binatang kamu. Sesungguhnya pada yang demikian itu, terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah bagi orang-orang yang berakal." (Shihab, 2002).

Ayat tersebut menjelaskan bahwasanya Allah SWT menciptakan berbagai macam jenis tumbuhan yang hidup di muka bumi ini dengan berbagai macam manfaat baik manfaat tersebut dapat diperoleh secara langsung maupun harus dengan adanya pengolahan terlebih dahulu. Manfaat tumbuhan tersebut merupakan salah satu hidayah dan pemberian dari Allah agar manusia dapat menggunakan dengan sebaik-baiknya.

Pemanfaatan tumbuhan, terutama bagi orang awam, hanya terbatas pada bagian yang nampak dari luar seperti batang, daun, akar dan buahnya, terlebih

tumbuhan berbuah yang secara umum hanya ditunggu hasil buahnya saja. Manfaat tumbuhan itu digunakan untuk sandang, pangan, dan papan. Namun seiring dengan perkembangan teknologi dan keinginan manusia untuk terus mengembangkan ilmu pengetahuan, telah diketahui bahwasanya tumbuhan tersebut tidak hanya dapat dimanfaatkan untuk sandang, pangan, dan papan saja melainkan juga bisa digunakan dalam hal kecil dengan manfaat yang besar.

Kandungan tumbuhan yang sangat bermanfaat salah satunya yaitu polisakarida seperti pati dan selulosa. Pati dan selulosa dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan *edible film* yaitu lapisan tipis pengemas makanan yang bersifat lebih ramah lingkungan dibandingkan plastik sintetik. Sumber pati dapat berasal dari jagung (Mali *et al.*, 2006; Tavares *et al.*, 2019), ubi (Mali *et al.*, 2006), kentang (Talja *et al.*, 2007), singkong (Nguyenvu & Lumdubwong, 2016; Tavares *et al.*, 2019; Tongdeesoontorn *et al.*, 2011), pati kacang hijau (Nguyenvu & Lumdubwong, 2016; Rompothi *et al.*, 2017), dan lain sebagainya. Sedangkan selulosa dapat bersumber dari ampas tebu (Asl *et al.*, 2017), tunggul padi (Rodsamran & Sothornvit, 2017), sekam padi (Gupta *et al.*, 2020), kulit pepaya (Rachtanapun, 2009), kulit durian (Suriyatem *et al.*, 2019), dan lain-lain.

Sumber polisakarida terutama selulosa yang selanjutnya dapat disintesis menjadi CMC secara umum berasal dari limbah tumbuhan. Namun kini limbah tumbuhan dapat menjadi potensi pembuatan *edible film*. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwasanya tidak ada yang sia-sia di bumi ini termasuk bagian limbah tumbuhan. Sebagaimana firman Allah SWT dalam QS. Ali Imran [3] ayat 190-191 yaitu:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ (١٩١) الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَفُغُودًا وَعَلَى جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ ۖ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا ۖ سُبْحَنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ (١٩٢)

Artinya: "Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Maha Suci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka." (QS. Ali 'Imran [3]: 190-191)

Tafsir ayat tersebut berdasarkan pada Tafsir Jalalain yaitu [190] (Sesungguhnya pada penciptaan langit dan bumi) dan keajaiban-keajaiban yang terdapat pada keduanya (serta pergantian malam dan siang) dengan datang dan pergi serta bertambah dan berkurang (menjadi tanda-tanda) atau bukti-bukti atas kekuasaan Allah SWT (bagi orang-orang yang berakal) artinya yang mempergunakan pikiran mereka. [191] (Yakni orang-orang yang) menjadi 'na'at' atau badal bagi yang sebelumnya (mengingat Allah di waktu berdiri dan duduk dan ketika berbaring) artinya dalam keadaan bagaimana pun juga sedang menurut Ibnu Abbas mengerjakan salat dalam keadaan tersebut sesuai dengan kemampuan (dan mereka memikirkan tentang kejadian langit dan bumi) untuk menyimpulkan dalil melalui keduanya akan kekuasaan Allah, kata mereka: ("Wahai Tuhan kami! Tidaklah Engkau ciptakan ini) maksudnya makhluk yang kami saksikan ini (dengan sia-sia) menjadi hal sebaliknya semua ini menjadi bukti atas kesempurnaan kekuasaan-Mu (Maha Suci Engkau) artinya tidak mungkin Engkau akan berbuat sia-sia (maka lindungilah kami dari siksa neraka) (Mahalli & Suyuti, 2005).

Pada QS. Ali Imran ayat 190 Allah SWT menjelaskan terkait pengertian dari orang yang berakal atau disebut *ulul albab*. Penyebutan orang yang berakal ini juga disebutkan dalam QS. Thaha [20] ayat 54 dengan kata lain yaitu *ulin nuha*. Berdasarkan QS. Ali Imran ayat 190 yang dimaksud orang yang berakal adalah orang yang membuka akal dan pikirannya untuk mengetahui kekuasaan Allah SWT bagaimanapun keadannya (Mahalli & Suyuti, 2005). Selain itu Senang (2016) dalam jurnalnya, yang mengutip dari tafisr Al-Maraghi, menjelaskan bahwa yang dinamakan orang yang berakal adalah orang yang membuka akal dan pikirannya untuk melihat, menyimpulkan, dan mengambil pelajaran dalam setiap keajaiban penciptaan Allah SWT. Apabila dikaitkan dengan pembuatan *edible film*, penemuan akan manfaat pati dan selulosa sebagai bahan *edible film* juga tentu menjadi tanda kebesaran Allah SWT dan bahwasanya tidak ada yang sia-sia bagi penciptaan-Nya.

Melapisi atau membungkus bahan makanan dengan bahan pengemas yang baik sangat penting untuk dilakukan agar makanan yang dikemas dapat terhindar dari adanya kontak langsung dengan udara, kulit manusia, air, dan hal-hal lain yang dapat mempercepat proses rusaknya bahan pangan tersebut. Nabi Muhammad SAW bersabda yang diriwayatkan oleh Imam Muslim (Nawawi, 2002):

و حَدَّثَنِي يَحْيَى بْنُ أَيُّوبَ وَقُتَيْبَةُ وَابْنُ حُجْرٍ جَمِيعًا عَنْ إِسْمَاعِيلَ بْنِ جَعْفَرٍ قَالَ ابْنُ أَيُّوبَ حَدَّثَنَا إِسْمَاعِيلُ قَالَ أَخْبَرَنِي الْعَلَاءُ عَنْ أَبِيهِ عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ مَرَّ عَلَى صُبْرَةٍ طَعَامٍ فَأَدْخَلَ يَدَهُ فِيهَا فَنَالَتْ أَصَابِعُهُ بَلَلًا فَقَالَ مَا هَذَا يَا صَاحِبَ الطَّعَامِ قَالَ أَصَابَتْهُ السَّمَاءُ يَا رَسُولَ اللَّهِ قَالَ أَفَلَا جَعَلْتَهُ فَوْقَ الطَّعَامِ كَيْ يَرَاهُ النَّاسُ مِنْ غَشٍّ فَلَيْسَ مِنِّي

Artinya: Dan telah menceritakan kepada kami Yahya bin Ayyub dan Qutaibah serta Ibnu Hujr semuanya dari Ismail bin Ja'far, Ibnu Ayyub berkata, telah menceritakan kepada kami Ismail dia berkata, telah mengabarkan kepadaku al-Ala' dari bapaknya dari Abu Hurairah bahwa Rasulullah melewati setumpuk makanan, lalu beliau memasukkan tangannya ke dalamnya, kemudian tangan beliau menyentuh sesuatu yang basah, maka pun beliau bertanya: "Apa ini wahai pemilik makanan?" sang pemiliknya menjawab, "Makanan tersebut terkena air hujan wahai Rasulullah." Beliau bersabda: "Mengapa kamu tidak meletakkannya di bagian makanan agar manusia dapat melihatnya. Barangsiapa menipu maka dia bukan dari golongan kami." (HR. Muslim No. 147).

Asbabul wurud dari hadits tersebut ialah terkait adanya pedagang yang meletakkan makanan basah yang ia jual di atas makanan yang kering untuk menyembunyikan kecacatan barang dagangannya. Perbuatan pedagang itu mendapat kecaman dari Nabi Muhammad SAW karena mengandung unsur penipuan. Namun hadits tersebut secara tersirat juga menganjurkan kepada manusia untuk dapat membungkus makanan dengan bahan pengemas yang baik agar dapat terhindar dari pengaruh buruk lingkungan luar seperti halnya terkena air hujan. Salah satu pengemas makanan yang dapat digunakan adalah *edible film* dari polisakarida tanaman.

Pembuatan dan penggunaan bahan pengemas makanan dari *edible film* berbasis polisakarida sebagai pengganti plastik sintetik dapat menjadi upaya dalam mencegah kerusakan lingkungan. Sebagaimana diketahui bahwasanya plastik terbuat dari polimer minyak bumi yang tidak dapat terurai oleh mikroorganisme secara alami (Chandra & Rustgi, 1998). Data dari Jambeck *et al.* (2015), menyebutkan bahwa Indonesia merupakan negara dengan sampah plastik terbesar nomor 2 di dunia yaitu mencapai 187,2 juta ton. Banyaknya timbunan sampah plastik ini, dan dengan adanya kekurangan plastik yang tidak bisa terurai,

dapat menjadi penyebab terjadinya pencemaran lingkungan dan bahaya bagi kesehatan, padahal Allah SWT melarang manusia untuk berbuat kerusakan di muka bumi ini, sebagaimana firman Allah SWT dalam QS. al-Baqarah [20] ayat 60:

كُلُوا وَاشْرَبُوا مِنْ رِزْقِ اللَّهِ وَلَا تَعْلُوا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ

Artinya: “Makan dan minumlah dari rezeki (yang diberikan) Allah dan janganlah kamu melakukan kejahatan di bumi dengan berbuat kerusakan.” (QS. al-Baqarah [2]: 60)

Penggunaan *edible film* yang dijadikan pengemas makanan dapat mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan dan menjadi peluang yang menjanjikan sebagai pengganti plastik dengan tetap dibutuhkan inovasi agar film yang dihasilkan memiliki sifat mekanik yang baik sehingga dapat diterima oleh masyarakat secara luas.

Edible film selain sebagai bahan pengemas makanan, juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan cangkang kapsul. Baik sebagai bahan pengemas maupun cangkang kapsul, *edible film* perlu diperhatikan unsur kehalalannya dikarenakan mayoritas penduduk di Indonesia beragama Islam. Tantangan dalam pembuatan *edible film* yaitu bahan baku hingga proses pembuatannya harus terbebas dari bahan-bahan yang dikategorikan haram dan terhindar dari bahan yang masuk dalam kategori titik kritis halal sediaan farmasi seperti yang telah disebutkan oleh LPPOM MUI (Fauziyah, 2021).

Salah satu bahan *edible film* yang dapat menghasilkan sifat mekanik yang baik yaitu gelatin (Aadil *et al.*, 2016). Namun berdasarkan data dari *Natural Health Product Directorate* produksi terbesar gelatin di dunia berasal dari bahan

baku kulit babi, dan seperti yang diketahui bahwasanya babi termasuk dalam kategori hewan yang diharamkan berdasarkan firman Allah SWT dalam QS. al-Baqarah [2] ayat 173, yaitu:

إِنَّمَا حَرَّمَ عَلَيْكُمُ الْمَيْتَةَ وَالدَّمَ وَخَنَّازٍ وَمَا أَهْلَ بِهِ لَعَنَ اللَّهُ فَمَنْ اضْطُرَّ غَيْرَ بَاغٍ وَلَا عَادٍ فَلَا إِثْمَ عَلَيْهِ ۚ إِنَّ اللَّهَ غَفُورٌ رَحِيمٌ

Artinya : “Sesungguhnya Allah mengharamkan bagimu bangkai, darah, daging babi, dan binatang yang (ketika disembelih) disebut (nama) selain Allah. Tetapi barangsiapa dalam keadaan terpaksa (memakannya) sedang dia tidak menginginkannya dan tidak (pula) melampaui batas, maka tidak ada dosa baginya. Sesungguhnya Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang.” (QS. Al-Baqarah 2: 173).

Pembuatan *edible film* dari bahan baku polisakarida tentu dapat menjawab tantangan untuk menghasilkan film, baik sebagai pengemas makanan maupun cangkang kapsul, yang dikategorikan halal dikarenakan berasal dari bagian tumbuhan seperti pati dan selulosa.

BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dengan metode *literature review* yang telah dilakukan ini maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Polisakarida film yang dikombinasikan serta larutan NaOH dalam proses sintesis CMC dapat menaikkan nilai kuat tarik dan elongasi film. Sedangkan kadar amilopektin dan nilai kelembaban udara dapat menurunkan nilai kuat tarik namun menaikkan nilai elongasi film.
2. *Plasticizer* gliserol dapat menurunkan nilai kuat tarik namun menaikkan nilai elongasi film.

4.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. Dalam pembuatan *edible film* perlu diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kuat tarik dan elongasi film seperti jenis dan konsentrasi polimer, kadar amilosa dan amilopektin dalam pati, konsentrasi NaOH saat sintesis CMC, kondisi RH, serta jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang ditambahkan agar film yang dihasilkan memiliki sifat mekanik yang baik.

2. Dibutuhkan studi lebih lanjut terkait perbandingan rasio pati dan CMC dari beberapa sumber tanaman sehingga dapat menghasilkan nilai kuat tarik dan elongasi yang optimal.



DAFTAR PUSTAKA

- Aadil, Keshaw Ram *et al.* (2016). Synthesis and Characterization of Acacia Lignin-Gelatin Film for Its Possible Application in Food Packaging. *Springer: Bioresources and Bioprocessing*, 3(27): 1-11.
- Aditama, A. G., & Ardhyanta, H. (2017). Isolasi Selulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Nano Filler Komposit Absorpsi Suara: Analisis FTIR. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2): 228–231.
- Al-Hassan, A. & Norziah, M. H. (2012). Starch–Gelatin Edible Films: Water Vapor Permeability and Mechanical Properties as Affected by Plasticizers. *Food Hydrocolloids*, 26(1): 10-117.
- Anggraeni, Y., Sulistiawati, F., & Astria, D. N. (2016). Pengaruh Plasticizer Gliserol dan Sorbitol terhadap Karakteristik Film Penutup Luka Kitosan-Tripolifosfat yang Mengandung Asiatikosida. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia, September* (2016), 128-134.
- Asl, S. A., Mousavi, M., & Labbafi, M. (2017). Synthesis and Characterization of Carboxymethyl Cellulose from Sugarcane Bagasse. *Journal of Food Processing & Technology*, 08(08), 1–6.
- ASTM. (1996). Annual Book of ASTM. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- Aydin, A. A., & Ilberg, V. (2016). Effect of Different Polyol-Based Plasticizers on Thermal Properties of Polyvinyl Alcohol:Starch Blends. *Carbohydrate Polymers*, 136, 441-448.
- Ban, W., JianguoSong, Argyropoulos, D. S., & Lucia, L. A. (2006). Improving The Physical and Chemical Functionality of Starch-Derived Films with Biopolymers. *Journal of Applied Polymer Science*, 100(3), 2542 - 2548.
- BPS. (2018). *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia: Pengelolaan Sampah di Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Bourtoom, T. (2008). Plasticizer Effect on The Properties of Biodegradable Blend From Rice Starch-Chitosan. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 30(1), 149 – 156.
- Bourtoom, T. & Chinnan, M. J. (2008). Preparation and Properties of Rice Starch-Chitosan Blend Biodegradable Film. *Journal Food Science and Technology*, 41: 1633-1642.
- Bulan, R. (2004). *Esterifikasi Patchouli Alcohol Hasil Isolasi dari Minyak Daun Nilam (Patchouli oil)*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Cano, A., Jiménez, A., Cháfer, M., González, C., & Chiralt, A. (2014). Effect of Amylose: Amylopectin Ratio and Rice Bran Addition on Starch Films Properties. *Carbohydrate Polymers*, 111: 543–555.

- Cooper, H. M. 2016. Research Synthesis and Metaanalysis : A Step-By-Step Approach. *Applied Social Research Methods Series*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications Inc.
- Chandra, R., & Rustgi, R. (1998). Biodegradable polymers. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 23, 1273–1335.
- Chiu, P. E., and Lai, L. S. (2010). Antimicrobial Activities of Tapioca Starch/Decolorized Hsian-Tsao Leaf Gum Coatings Containing Green Tea Extracts In Fruit-Based Salads, Romaine Hearts and Pork Slices. *Int. J. Food Microbiol*, 139: 23–30.
- Darni, Y., & Rakhman, F. A. (2017). Aplikasi Edible Film dari Rumput Laut *Eucheumma cottoni* dan Pati Sorgum dengan Plasticizer Gliserol dan Filler CaCO_3 sebagai Bahan Pembuat Cangkang Kapsul. *Inovasi Pembangunan: Jurnal Kelitbangan*, 5(2), 172–183.
- El-Sakhaway, M., Kamel, S., Salama, A., Tohamy, H. S. (2018). Preparation and Infrared Study of Cellulose Based Amphiphilic Materials. *Cellulose Chem. Technol*, 52(3-4): 193-200.
- Esiningtas, H. R. (2010). Aplikasi Edible Film Maizena dengan Penambahan Ekstrak Jahe sebagai Abtioksidan Alami pada *Coating* Sosis Sapi. [Skripsi]. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Esmaili, M., Pircheraghi, G., & Bagheri, R. (2017). Optimizing The Mechanical and Physical Properties of Thermoplastic Starch Via Tuning The Molecular Microstructure Through Co-Plasticization By Sorbitol and Glycerol. *Polymer International*, 66, 809 –819.
- Fauziyah, B. (2021). *Potensi Ampas Tebu di Bidang Farmasi*. Batu: Lentera Nusantara.
- Fauziyah, B., Yuwono, M., Isnaeni. (2020). The Effect of Acid Variation on Physical and Chemical Characteristics of Cellulose Isolated from *Saccharum officinarum* L. Bagasse. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 456 (2020) 012016.
- Fauziyah, B., Yuwono, M., Isnaeni. (2021). Bagasse Nanocellulose (*Saccharum officinarum* L.): Process Optimization and Characterization. *Annals of R. S. C. B.*, 25(2): 989-1001.
- Ferdiansyah, M. K., Marseno, D. W., & Pranoto, Y. (2017). Optimasi Sintesis Karboksi Metil Selulosa (CMC) dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Response Surface Methodology (RSM). *Agritech*, 128-134.
- Ghanbarzadeh, B., Almasi, H., & Entezami, A. A. (2010). Physical properties of edible modified starch/carboxymethyl cellulose films. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11(4), 697–702.

- Ghanbarzadeh, B., Almasi, H., & Entezami, A. A. (2011). Improving The Barrier and Mechanical Properties of Corn Starch-Based Edible Films: Effect of Citric Acid and Carboxymethyl Cellulose. *Industrial Crops and Products*, 33(1), 229–235.
- Gourmelon, G., Mármol, Z., Páez, G., Rincón, M., Araujo, K., & Aiello, C. (2015). Global Plastic Production Rises, Recycling Lags. *Revista Tcnocientifica URU*.
- Gupta, H., Kumar, H., Kumar, M., Gehlaut, A. K., Gaur, A., Sachan, S., & Park, J. W. (2020). Synthesis of Biodegradable Films Obtained from Rice Husk and Sugarcane Bagasse to be Used as Food Packaging Material. *Environmental Engineering Research*, 25(4), 506–514.
- Haafiz, M. M. K., Eichhorn, S. J., Hassan, A., & Jawaid, M. (2013). Isolation and Characterization of Micimranrocrystalline Cellulose from Oil Palm Biomass Residue. *Carbohydrate Polymers*, 93(2), 628–634.
- Hadi, S., Tjahjono, H. K., Palupi, M. (2020). *Systematic Review: Meta Sintesis untuk Riset Perilaku Organisasional*. Yogyakarta: Vivavictory.
- Hasdar, M., Erwanto, Y., & Triatmojo, S. (2012). Karakteristik Edible Film Yang Diproduksi Dari Kombinasi Gelatin Kulit Kaki Ayam Dan Soy Protein Isolate. *Buletin Peternakan*, 35(3), 188-196.
- Herawati, H. (2016). Potensi Pengembangan Produk Pati Tahan Cerna sebagai Pangan Fungsional. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 30(1), 31-39.
- Hernawan, E., & Meylani, V. (2016). Analisis Karakteristik Fisikokimia Beras Putih, Beras Merah, Dan Beras Hitam (*Oryza sativa* L., *Oryza nivara* dan *Oryza sativa* L. indica). *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada: Jurnal Ilmu-Ilmu Keperawatan, Analisis Kesehatan dan Farmasi*, 15(1), 79-91.
- Ihsan, H., Khairiah, N., & Rufida. (2018). Karakteristik Sifat Fisik dan Kimia Edible Film Pati Sagu Rumbia (*Metroxylon sagu* Rottb) untuk Bahan Baku Cangkang Kapsul. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 10(2): 55-62.
- Imran, Y. L., Hutomo, G. S., & Rahim, A. (2014). Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Sagu (*Metroxylon* sp). *E-J. Agrotekbis*, 2(1), 38-46.
- Indarwati, S., Respati, S. M. B., & Darmanto, D. (2019). Kebutuhan Daya Pada Air Conditioner saat Terjadi Perbedaan Suhu dan Kelembaban. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 15(1), 91-95.
- Isotton, F. S., Bernardo, G. L., Baldasso, C., Rosa, L. M., & Zeni, M. (2015). The plasticizer effect on preparation and properties of etherified corn starches films. *Industrial Crops and Products*, 76, 717–724.
- Jacoeb, A. M., Nugraha, R., & Dia Utari, S. P. (2014). Pembuatan Edible Film dari Pati Buah Lindur dengan Penambahan Gliserol dan Karaginan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 17(1).

- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic Waste Inputs from Land Into The Ocean. *Science*, 347(6223), 768–771.
- Jost, V., & Stramm, C. (2016). Influence of Plasticizers on The Mechanical and Barrier Properties of Cast Biopolymer Films. *Journal of Applied Polymer Science*, 133(2).
- Kerheli, Y., Selman, F., Mansour, I. 2015. دراسة تأثير إضافة نشاء الذرة في بعض الخصائص الحسية والكيميائية لمشعيرية سريعة التحضير (نودلز) المصنعة من دقيق الفول . *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies: Biological Sciences Series*, 37(3): 307-323.
- Ketslip, S., Sanggseethong, K., Sriroth, K. (2002). *Abstrac in The 14th Annual Meeting of The Thai Society for Biotechnology*.
- Krochta, J. M., & De Mulder-Johnston, C. (1997). Edible and Biodegradable Polymer Film. *Journal of Food Technology*.
- Khotimah, K. (2006). Karakterisasi Edible Film dari Pati Singkong (*Manihot utilissima* Pohl). *Jurnal Pendidikan Biologi*. Yogyakarta: FMIPA. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Krasaekoopt, W., Mabumrung, J., and Kasetsart, J. (2008). Microbiological Evaluation of Edible Coated Fresh-Cut Cantaloupe. *Nat. Sci*, 42(3), 552–557.
- Krogars, K., Heinämäki, J., Karjalainen, M., Niskanen, A., Leskelä, M., & Yliruusi, J. (2003). Enhanced Stability of Rubbery Amylose-Rich Maize Starch Films Plasticized with a Combination of Sorbitol And Glycerol. *International Journal of Pharmaceutics*, 251(1-2), 205-208.
- Lai, H. C., Karim, A. A., & Chee, C. S. (2006). Effects of Water-Glycerol and Water-Sorbitol Interactions on The Physical Properties of Konjac Glucomannan Films. *Journal of Food Science*, 71(2), 62–67.
- LaPlaca, P. (2000). Green Paper: Environmental issues of PVC. In *Green Paper*.
- Lechner, D. M. & Lazik, W. (2001). Super Slupers from Renewable Resources: Synthesis, Properties, Applications. *Chemistry and Technology of Macromolecules*, Juli 27-19, 477-481.
- Li, H., & Huneault, M. A. (2011). Comparison of Sorbitol and Glycerol As Plasticizers for Thermoplastic Starch in TPS/PLA Blends. *Journal of Applied Polymer Science*, 119.
- Li, Y., Shoemaker, C. F., Ma, J., Shen, X., & Zhong, F. (2008). Paste Viscosity of Rice Starches of Different Amylose Content and Carboxymethylcellulose Formed by Dry Heating and The Physical Properties of Their Films. *Food Chemistry*, 109, 616–623.

- Lismawati. (2017). Pengaruh Penambahan Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Film dari Pati Kentang (*Solanum tuberosum* L.). [Skripsi]. Makassar: UIN Alauddin Makassar.
- Ma, W., Tang, C. H., Yin, S. W., Yang, X. Q., Qi, J. R., & Xia, N. (2012). Effect of Homogenization Conditions on Properties of Gelatin-Olive Oil Composite Films. *Journal of Food Engineering*, 113(1), 136-142.
- Ma, W., Tang, C. H., Yin, S. W., Yang, X. Q., Wang, Q., Liu, F., & Wei, Z. H. (2012). Characterization of Gelatin-Based Edible Films Incorporated with Olive Oil. *Food Research International*, 49(1), 572-579.
- Ma, X., Chang, P. R., & Yu, J. (2008). Properties of Biodegradable Thermoplastic Pea Starch/Carboxymethyl Cellulose and Pea Starch/Microcrystalline Cellulose Composites. *Carbohydrate Polymers*, 72, 369-375.
- Mali, S., Grossmann, M. V. E., García, M. A., Martino, M. N., & Zaritzky, N. E. (2004). Barrier, Mechanical and Optical Properties of Plasticized Yam Starch Films. *Carbohydrate Polymers*, 56(2), 129-135.
- Mali, S., Grossmann, M. V. E., García, M. A., Martino, M. N., & Zaritzky, N. E. (2006). Effects of Controlled Storage on Thermal, Mechanical and Barrier Properties of Plasticized Films from Different Starch Sources. *Journal of Food Engineering*, 75(4), 453-460.
- Mali, S., Sakanaka, L. S., Yamashita, F., & Grossmann, M. V. E. (2005). Water Sorption and Mechanical Properties of Cassava Starch Films and Their Relation to Plasticizing Effect. *Carbohydrate Polymers*, 60(3), 283-289.
- Mahalli, J. & Suyuti, J. (2005). *Tafsir Jalalain*. Beirut: Ummul Qura.
- Marashin, N. J. (2009). Polyethylene, Low-density. In K. L. Yam (Ed.), *Encyclopedia of Packaging Technology* (pp. 987-992). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Miller, R. C. (2009). Polypropylene. In K. L. Yam (Ed.), *Encyclopedia of Packaging Technology* (pp. 1005-1009). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Mitrakas, G.E., Koutsoumanis, K., P., Lazarides, H. N. (2008). Impact of Edible Coating With or Without Anti-Microbial Agent on Microbial Growth During Osmotic Dehydration and Refrigerated Storage of A Model Plant Material. *Innov. Food Sci. Emerg*, 9(4), 550-555.
- Mugrma, R. (2019). Sintesis dan Penentuan Derajat Substitusi Karboksimetil Selulosa (CMC) dari Selulosa dengan Variasi Konsentrasi Natrium Monokloroasetat. [Skripsi]. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Muscat, D., Adhikari, B., Adhikari, R., & Chaudhary, D. S. (2012). Comparative Study of Film Forming Behaviour of Low and High Amylose Starches Using Glycerol and Xylitol as Plasticizers. *Journal of Food Engineering*, 109(2), 189-201.

- Nawawi. Abu Zakaria Muhyuddin. (2002). Syarh Shahih Muslim. Jakarta: Darussunah.
- Nguyenvu, H. P., & Lumdubwong, N. (2016). Starch Behaviors and Mechanical Properties of Starch Blend Films with Different Plasticizers. *Carbohydrate Polymers*, 154, 112–120.
- Ningsih, P. E., Ariyani, D., & Sunardi, S. (2019). Pengaruh Penambahan Carboxymethyl Cellulose Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Ubi Nagara (*Ipomoea batatas* L.). *Indo. J. Chem. Res*, 7(1), 77-85.
- Nisah, K. (2018). Study Pengaruh Kandungan Amilosa Dan Amilopektin Umbi-Umbian Terhadap Karakteristik Fisik Plastik Biodegradable Dengan Plastizicer Gliserol. *Biotik: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi Dan Kependidikan*, 5(2), 106–113.
- Nisak, A. (2018). Optimasi Konsentrasi Nanokristalin Selulosa dari Ampas Tebu (*Saccharum officinarum* L.) sebagai Bahan Alternatif Pembuatan Kapsul Bebas Gelatin. [Skripsi]. Malang: Program Studi Farmasi UIN Malang
- Nur, R., Tamrin., Muzakkar, M. Z. (2016). Sintesis dan Karakterisasi CMC (Carboxymethyl Cellulose) yang Dihasilkan dari Selulosa Jerami Padi. *J. Sains dan Teknologi Pangan*, 1(3): 222-231.
- Nurindra, A. P., Alamsjah, A. M., & Sudarno, S. (2019). Karakterisasi Edible Film dari Pati Propagul Mangrove Lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) dengan Penambahan Carboxymethyl Cellulose (CMC) sebagai Pemplastis. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 7(2).
- Özeren, H. D., Guivier, M., Olsson, R. T., Nilsson, F., & Hedenqvist, M. S. (2020). Ranking Plasticizers for Polymers with Atomistic Simulations: PVT, Mechanical Properties, and the Role of Hydrogen Bonding in Thermoplastic Starch. *ACS Applied Polymer Materials*, 2(5), 2016–2026.
- Pavia, D. L., Lampman, G. M and Kriz, G. S. (2009). *Introduction for Spectroscopy. Fourth edition*. United state: Brooks Cole/Thomson.
- Pereda, M., Amica, G., & Marcovich, N. E. (2012). Development and Characterization of Edible Chitosan/Olive Oil Emulsion Films. *Carbohydrate Polymers*, 87(2), 1318-1325.
- Proshad, R., Kormoker, T., Islam, M. S., Haque, M. A., Rahman, M. M., & Mithu, M. M. R. (2017). Toxic Effects of Plastic on Human Health and Environment : A Consequences of Health Risk Assessment in Bangladesh. *International Journal of Health*, 6(1), 1–5.
- Purwaningrum, P. (2016). Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan. *Indonesian Journal Of Urban And Environmental Technology*, 8(2), 141–147.
- Putri, D. A., Setiawan, A., & Anggraini, P. D. (2018). Physical Properties of Edible Sorghum Starch Film Added with Carboxymethyl Cellulose. *Journal of Physical Science*, 29(2), 185-194.

- Rachtanapun, P. (2009). Blended Films of Carboxymethyl Cellulose from Papaya Peel (CMCp) And Corn Starch. *Kasetsart Journal - Natural Science*, 43(5), 259–266.
- Rachtanapun, P., & Rattanapanone, N. (2011). Synthesis and Characterization of Carboxymethyl Cellulose Powder and Films from *Mimosa Pigra*. *Journal of Applied Polymer Science*, 122, 3218-3226.
- Rodríguez, M., Osés, J., Ziani, K., & Maté, J. I. (2006). Combined Effect of Plasticizers and Surfactants on The Physical Properties of Starch Based Edible Films. *Food Research International*, 39, 840–846.
- Rodsamran, P., & Sothornvit, R. (2017). Rice Stubble as a New Biopolymer Source to Produce Carboxymethyl Cellulose-Blended Films. *Carbohydrate Polymers*, 171, 94–101.
- Rompothi, O., Pradipasena, P., Tananuwong, K., Somwangthanaroj, A., & Janjarasskul, T. (2017). Development of Non-Water Soluble, Ductile Mung Bean Starch Based Edible Film with Oxygen Barrier and Heat Sealability. *Carbohydrate Polymers*, 157, 748–756.
- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., & Quinn, M. E. (2009). *Handbook of Pharmaceutical Excipient 6th*. London: PhP Pharmaceutical Press.
- Saberi, B., Thakur, R., Vuong, Q. V., Chockchaisawasdee, S., Golding, J. B., Scarlett, C. J., Stathopoulos, C. E. (2016). Optimization of Physical and Optical Properties of Biodegradable Edible Films Based on Pea Starch and Guar Gum. *Industrial Crops Today*, 86(11): 342-352.
- Sanyang, M. L., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R., & Sahari, J. (2015). Effect of Plasticizer Type and Concentration on Tensile, Thermal and Barrier Properties of Biodegradable Films Based on Sugar Palm (*Arenga Pinnata*) Starch. *Polymers*.
- Sanyang, M. L., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R., & Sahari, J. (2016). Effect of plasticizer type and concentration on physical properties of biodegradable films based on sugar palm (*arenga pinnata*) starch for food packaging. *Journal of Food Science and Technology*, 7, 1106-1124.
- Saputro, A.N.C., Ovita, L. (2017) Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Kitosan-Pati Ganyong (*Canna edulis*). *J. Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2(1): 13-21.
- Sari, A. R., Martono, Y., & Rondonuwu, F. S. (2020). Identifikasi Kualitas Beras Putih (*Oryza sativa* L.) Berdasarkan Kandungan Amilosa dan Amilopektin di Pasar Tradisional dan “Selepan” Kota Salatiga. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 12(1), 24-30.
- Senang. (2016). Peran Akal dalm QS. Ali Imran: 190-191 Terhadap Pendidikan Islam. *Urwatul Wutsqo*. Vol. 5, No. 2.

- Setiani, W., Sudiarti, T., & Rahmidar, L. (2013). Preparasi dan Karakterisasi Edible Film dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan. *Jurnal Kimia VALENSI*, 3(2).
- Setyaningrum, A., Sumarni, N. K., & Hardi, J. (2017). Sifat Fisiko-Kimia Edible Film Agar – Agar Rumput Laut (*Gracilaria* sp.) Tersubstitusi Glyserol. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 6(2), 136–143.
- Shihab, M.Q. (2002). *Tafsir al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian al-Quran Volume 8*. Jakarta: Lentera Hati.
- Simões, A. D. N., Tudela, J.A., Allende, A., Puschmann, R., Gil, M. I. (2009). Edible Coatings Containing Chitosan and Moderate Modified Atmospheres Maintain Quality and Enhance Phytochemicals of Carrot Sticks. *Postharvest Biol. Technol.*, 51, 364–370.
- Singh, R. K., Khatri, O. P. (2011). A Scanning Electron Microscope Based New Method for Determining Degree of Substitution of Sodium Carboxymethyl Cellulose. *Journal of Microscopy*, 246(1): 43–52.
- Siswanto, S. (2012). Systematic Review Sebagai Metode Penelitian Untuk Mensintesis Hasil-Hasil Penelitian (Sebuah Pengantar). *Buletin Penelitian Sistem Kesehatan*, 13, 326–333.
- Snyder, H. (2019). Literature Review as A Research Methodology: an Overview and Guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339.
- Souza, A. C., Benze, R., Ferrão, E. S., Ditchfield, C., Coelho, A. C. V., & Tadini, C. C. (2012). Cassava Starch Biodegradable Films: Influence of Glycerol and Clay Nanoparticles Content on Tensile and Barrier Properties and Glass Transition Temperature. *LWT - Food Science and Technology*, 46, 110–117.
- Souza, A. C., Ditchfield, C., & Tadini, C. (2009). Biodegradable Films Based on Biopolymers for Food Industries. *Innovation in Food Engineering: New Techniques and Products*, 511-537.
- Sumada, K., Erka Tamara, P., & Alqani, F. (2011). Kajian Proses Isolasi A - Selulosa dari Limbah Batang Tanaman Manihot Esculenta Crantz yang Efisien. *Jurnal Teknik Kimia*, 5(2), 434–438.
- Sun, J. X., Sun, X. F., Zhao, H., & Sun, R. C. (2004). Isolation and Characterization of Cellulose from Sugarcane Bagasse. *Polymer Degradation and Stability*, 84, 331–339.
- Suriyatem, R., Auras, R. A., & Rachtanapun, P. (2019). Utilization of Carboxymethyl Cellulose from Durian Rind Agricultural Waste to Improve Physical Properties and Stability of Rice Starch-Based Film. *Journal of Polymers and the Environment*, 27(2), 286–298.
- Syamsu, K., Setyowati, K., dan Khoiri, A. (2008). Pengaruh Penambahan Pemplastis (Polietilen Glikol 400, Dietilen Glikol, dan Dimetil Falat) terhadap Proses Biodegradasi Bioplastik Poli-Hidroksialkanoat pada Media Cair dengan Udara Terlimitasi. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 4(1): 1-15.

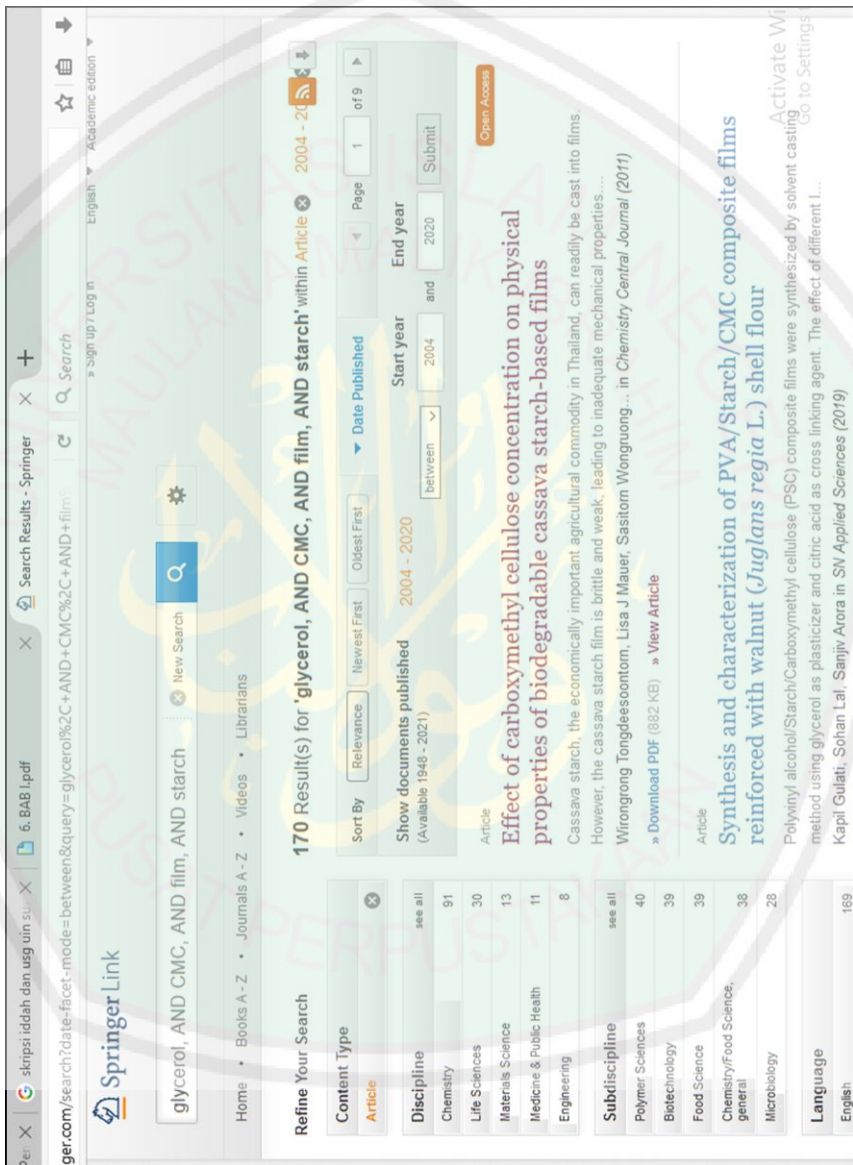
- Talja, R. A., Helén, H., Roos, Y. H., & Jouppila, K. (2007). Effect of Various Polyols and Polyol Contents on Physical and Mechanical Properties of Potato Starch-Based Films. *Carbohydrate Polymers*, 67(3), 288–295.
- Tavares, K. M., de Campos, A., Mitsuyuki, M. C., Luchesi, B. R., & Marconcini, J. M. (2019). Corn and Cassava Starch with Carboxymethyl Cellulose Films and Its Mechanical and Hydrophobic Properties. *Carbohydrate Polymers*, 223(July), 115055.
- Toğrul, H., & Arslan, N. (2003). Production of Carboxymethyl Cellulose from Sugar Beet Pulp Cellulose and Rheological Behaviour of Carboxymethyl Cellulose. *Carbohydrate Polymers*, 54(1), 74-82.
- Tongdeesoontorn, W., Mauer, L. J., Wongruong, S., Sriburi, P., & Rachtanapun, P. (2011). Effect of Carboxymethyl Cellulose Concentration on Physical Properties of Biodegradable Cassava Starch-Based Films. *Chemistry Central Journal*, 5(1), 1–8.
- Troedec, M. L., Sedan, D., Peyratout, C., Bonnet, J. P., Smith, A., Guinebrethiere, R., Gloaguen, V., and Krausz, P. (2008). Influence of Various Chemical Treatment on the Composition and Structure of Hemp Fibers. *Composites: Part A* 39.
- Ulyarti. (1999). *Mempelajari Sifat-sifat Amilografi pada Amilosa dan Amilopektin, dan Campurannya*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Veiga-Santos, P., Suzuki, C. K., Nery, K. F., Cereda, M. P., & Scamparini, A. R. P. (2008). Evaluation of Optical Microscopy Efficacy in Evaluating Cassava Starch Biofilms Microstructure. *LWT - Food Science and Technology*, 41, 1506–1513.
- Vicentini, N. M., Dupuy, N., Leitzelman, M., Cereda, M. P., Sobral, P. J. A. (2005). Prediction of Cassava Starch Edible Film Properties by Chemometric Analysis of Infrared Spectra, Spectroscopy Letters. *An International Journal for Rapid Communication*, 38(6): 749-767.
- Vieira, M. G. A., Da Silva, M. A., Dos Santos, L. O., & Beppu, M. M. (2011). Natural-Based Plasticizers and Biopolymer Films: A Review. *European Polymer Journal*, 47(3), 254-263.
- Waring, M. J., & Parsons, D. (2001). Physico-Chemical Characterisation of Carboxymethylated Spun Cellulose Fibres. *Biomaterials*, 22(9), 903-912.
- Waryono, T. (2019). Biogeografi Alga Makro (Rumput) Laut di Kawasan Pesisir Indonesia. *Jurnal Farmasi Galenika*, 6(1), 12-21.
- William, D. H. & Fleming, I. (1990). *Spectroscopy Method in Organic Chemistry 5th Ed*. London: McGraw-Hill Book Company.
- Winarno, F. (1997). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- World Bank Group. (2018). Hotspot Sampah Laut Indonesia. *Public Disclosure Authorized*.

- Wright, J. J., & Hall, L. D. (1994). NMR Imaging of Packaged Foods. In *Food Packaging and Preservation*.
- Yulianti, R., & Ginting, E. (2012). Perbedaan Karakteristik Fisik Edible Film dari Umbi-umbian yang Dibuat dengan Penambahan Plasticizer. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 31(2), 131–136.
- Yuwono, M., Isnaeni, Fauziah, B., (2020). Tensile Strenght and Elongation Analysis on Nanocellulose Film Isolated from Sugarcane Bagasse. *IOP Conf. Series:Earth and Environmental Science*, 456 (2020) 012088.
- Zani'ah, Choirul. (2020). Sintesis dan Karakterisasi *Sodium Carboxymethyl Cellulose* (CMC-Na) dari Ampas Tebu Sebagai Alternatif Bahan Baku Cangkang Kapsul. [Skripsi]. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Zhang, Y., & Han, J. H. (2006). Plasticization of Pea Starch Films with Monosaccharides and Polyols. *Journal of Food Science*, 71(6), 253-261.

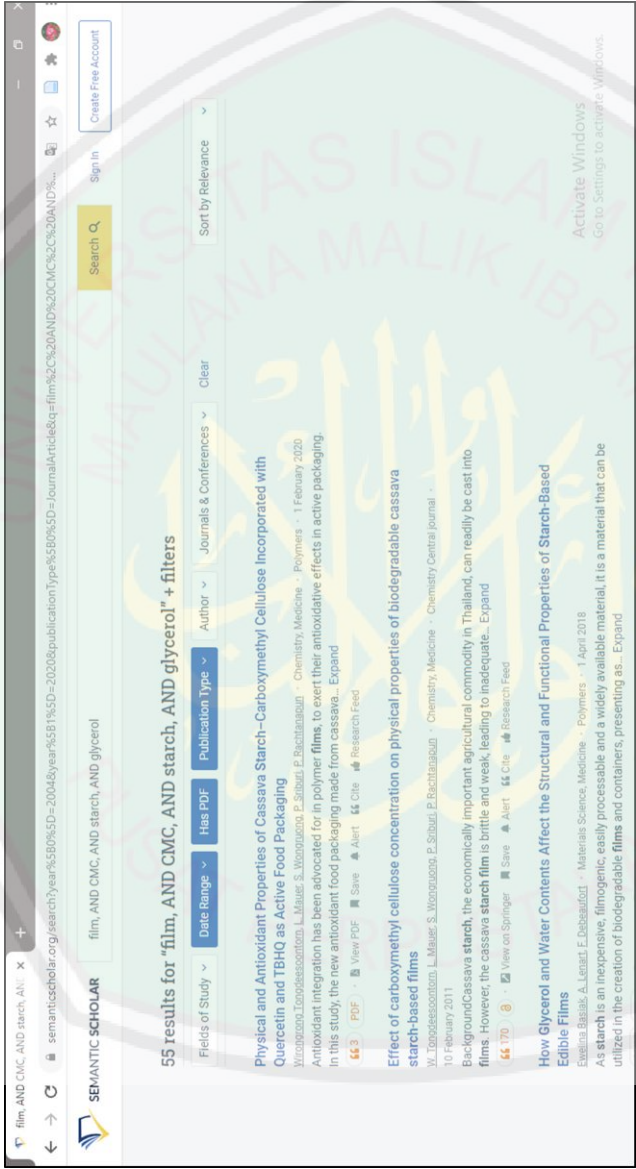
LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1: Hasil Skrining Artikel

No.	Kata Kunci	Database	Jumlah Artikel yang Didapat	Jumlah Artikel yang Terpilih
1	Film, AND CMC, AND glycerol, NAD starch		312	10

2	Glycerol, AND CMC, AND film, AND starch	Springer Link  170 Result(s) for 'glycerol, AND CMC, AND film, AND starch' within Article 2004 - 2020 Refine Your Search <table><tr><th>Content Type</th><th>Count</th></tr><tr><td>Article</td><td>170</td></tr></table><table><tr><th>Discipline</th><th>Count</th></tr><tr><td>Chemistry</td><td>91</td></tr><tr><td>Life Sciences</td><td>30</td></tr><tr><td>Materials Science</td><td>13</td></tr><tr><td>Medicine & Public Health</td><td>11</td></tr><tr><td>Engineering</td><td>8</td></tr></table><table><tr><th>Subdiscipline</th><th>Count</th></tr><tr><td>Polymer Sciences</td><td>40</td></tr><tr><td>Biotechnology</td><td>39</td></tr><tr><td>Food Science</td><td>39</td></tr><tr><td>Chemistry/Food Science, general</td><td>38</td></tr><tr><td>Microbiology</td><td>28</td></tr></table><table><tr><th>Language</th><th>Count</th></tr><tr><td>English</td><td>169</td></tr></table> Effect of carboxymethyl cellulose concentration on physical properties of biodegradable cassava starch-based films Cassava starch, the economically important agricultural commodity in Thailand, can readily be cast into films. However, the cassava starch film is brittle and weak, leading to inadequate mechanical properties.... Wirongrong Tongdeesontorn, Lisa J Mauer, Sasitorn Wongsuwan... in <i>Chemistry Central Journal</i> (2011) » Download PDF (882 KB) » View Article Synthesis and characterization of PVA/Starch/CMC composite films reinforced with walnut (<i>Juglans regia</i> L.) shell flour Polyvinyl alcohol/Starch/Carboxymethyl cellulose (PSC) composite films were synthesized by solvent casting method using glycerol as plasticizer and citric acid as cross linking agent. The effect of different L... Kapil Gulati, Sohan Lal, Sanjay Arora in <i>SN Applied Sciences</i> (2019)	Content Type	Count	Article	170	Discipline	Count	Chemistry	91	Life Sciences	30	Materials Science	13	Medicine & Public Health	11	Engineering	8	Subdiscipline	Count	Polymer Sciences	40	Biotechnology	39	Food Science	39	Chemistry/Food Science, general	38	Microbiology	28	Language	Count	English	169	170	2
Content Type	Count																																			
Article	170																																			
Discipline	Count																																			
Chemistry	91																																			
Life Sciences	30																																			
Materials Science	13																																			
Medicine & Public Health	11																																			
Engineering	8																																			
Subdiscipline	Count																																			
Polymer Sciences	40																																			
Biotechnology	39																																			
Food Science	39																																			
Chemistry/Food Science, general	38																																			
Microbiology	28																																			
Language	Count																																			
English	169																																			

3	Film, AND CMC, AND starch, AND glycerol	ACS Publications	55	1
---	--	--	----	---

4	Film, AND CMC, AND starch, AND glycerol	Semantic Scholar  The screenshot shows the Semantic Scholar search results page. The search query is "film, AND CMC, AND starch, AND glycerol". The results are sorted by Relevance. The first result is titled "Physical and Antioxidant Properties of Cassava Starch-Carboxymethyl Cellulose Incorporated with Quercetin and TBHQ as Active Food Packaging" by W. Tondaseoon, L. Maues, S. Wongsuwan, P. Sibur, P. Rachtanakun, and Chemistry, Medicine - Polymers, dated 1 February 2020. The abstract states: "Antioxidant integration has been advocated for in polymer films to exert their antioxidative effects in active packaging. In this study, the new antioxidant food packaging made from cassava..." The second result is titled "Effect of carboxymethyl cellulose concentration on physical properties of biodegradable cassava starch-based films" by W. Tondaseoon, L. Maues, S. Wongsuwan, P. Sibur, P. Rachtanakun, and Chemistry, Medicine - Chemistry Central Journal, dated 10 February 2011. The abstract states: "BackgroundCassava starch, the economically important agricultural commodity in Thailand, can readily be cast into films. However, the cassava starch film is brittle and weak, leading to inadequate..." The third result is titled "How Glycerol and Water Contents Affect the Structural and Functional Properties of Starch-Based Edible Films" by Ewelina Basiak, A. Lena, J. E. Debeaufort, and Materials Science, Medicine - Polymers, dated 1 April 2018. The abstract states: "As starch is an inexpensive, filmogenic, easily processable and a widely available material, it is a material that can be utilized in the creation of biodegradable films and containers, presenting as..."	55	7
---	---	--	----	---



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN

Jl. Locari, Tlekung, Kota Batu, Tlp. 03415057739, Website: <http://fkik.uin-malang.ac.id>.
Email: fkik@uin-malang.ac.id (Fakultas), farmasi@uin-malang.ac.id (Prodi Farmasi)

LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN (REVISI)
UJIAN SIDANG SKRIPSI

Naskah Ujian Skripsi yang disusun oleh:

Nama : Nadhifatun Nahdhia
NIM : 17930001
Judul : ANALISIS PENGARUH *PLASTICIZER* GLISEROL TERHADAP KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* BERBASIS POLISAKARIDA TANAMAN (*A Literature Review*)
Tanggal Ujian : 22 April 2021

Telah dilakukan perbaikan sesuai dengan saran tim pembimbing dan tim penguji serta dinyatakan telah lulus untuk melanjutkan ke tahap selanjutnya (yudisium).

NO	NAMA DOSEN	TANGGAL REVISI	TANDA TANGAN
1	apt. Hajar Sugihantoro, M.P.H.	6 Mei 2021	
2	Dewi Sinta Megawati, M.Sc.	6 Mei 2021	
3	Begum Fauziyah, S.Si., M.Farm.	6 Mei 2021	
4	Muhammad Amiruddin, Lc., M.Pd.	5 Mei 2021	

Catatan :

- Batas waktu maksimum melakukan revisi adalah 2 Minggu semenjak tanggal ujian skripsi. Jika tidak selesai, mahasiswa **TIDAK** dapat mendaftarkan diri untuk mengikuti yudisium,
- Lembar revisi dilampirkan dalam naskah skripsi yang telah dijilid (foto copy), dan aslinya dikumpulkan di Bagian Unit Tugas Akhir Program Studi Farmasi selanjutnya mahasiswa berhak menerima Bukti Lulus Ujian Skripsi.

Malang, 6 Mei 2021
Mengetahui,
Koordinator Unit Tugas Akhir



Ria Ramadhani Dwi Atmaja, S.Kep., NS., M.Kep.
NIP. 19850617 200912 2 005