

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada pembuatan *edible film* digunakan bahan dasar berupa ubi jalar *orange* (*Ipomea batatas*). Proses pembuatan *edible film* dimulai dari preparasi ubi jalar, proses ekstraksi untuk mendapatkan pati ubi jalar, pembentukan serbuk pati ubi jalar, uji kadar pati, uji kadar air, sampai pada uji karakterisasi berupa uji ketahanan terhadap air, uji ketebalan, uji mekanik yang terdiri dari uji daya tarik, *elongasi* dan *modulus young*, serta uji FTIR dan SEM.

4.1 Ekstraksi pati ubi jalar (*Ipomea batatas*)

Pada penelitian ini bahan dasar yang digunakan adalah ubi jalar *orange* (*Ipomea batatas*). Ubi jalar yang digunakan hanya ubi biasa yang dijual di pasar tradisional sebanyak 5 kg. Pertama ubi jalar dicuci bersih sehingga tanah yang menempel pada ubi jalar hilang, setelah bersih ubi jalar dikupas dan dipotong kecil-kecil untuk mempermudah proses penghalusan, ubi jalar yang telah dikupas dan dipotong akan sangat mudah berubah warna menjadi ke cokelatan akibat reaksi pencoklatan enzimatis dengan udara. Oleh karena itu, ubi yang telah dikupas dan dipotong direndam dalam air garam terlebih dahulu untuk mencegah reaksi pencoklatan enzimatis pada ubi jalar ini [19].

Ubi jalar yang telah direndam ini kemudian dihancurkan dengan bantuan blander dan penambahan sedikit air, setelah halus ubi jalar selanjutnya disaring dengan saringan kain sehingga ampas ubi jalar dengan filtratnya terpisah, filtrat yang telah didapat diendapkan selama satu malam sampai pati mengendap dibawah. Pati yang sudah mengendap dipisahkan dengan airnya kemudian dikeringkan dibawah terik matahari 2 sampai 3 hari, pengeringan ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam pati. Sampel pati yang telah mengendap dapat dilihat pada **Gambar IV.1**



Gambar IV. 1 Hasil Endapan Pati

Proses pembuatan pati ubi jalar ini didapat menggunakan metode ekstraksi dengan cara basah. Metode ekstraksi ini berfungsi untuk memisahkan pati dari selulosa ubi jalar sehingga didapat pati yang murni. Dari 5 kg ubi jalar didapat pati seberat 250g. Pati yang telah terkumpul ini selanjutnya dihaluskan dan diayak menggunakan saringan 120 mesh supaya didapat pati yang sangat halus dengan ukuran granula yang sama supaya tidak mempengaruhi tekstur *edible* pada proses selanjutnya.

4.2 Karakterisasi Pati Ubi Jalar

Berdasarkan hasil ekstraksi, serbuk pati yang didapat berwarna putih kekuningan, tidak seperti pati pada singkong yang memiliki warna putih bersih, warna kekuningan pada pati ubi jalar ini dikarenakan pada jenis ubi yang digunakan merupakan ubi berwarna *orange* oleh karenanya warna yang dihasilkan tidak seputih pati pada singkong. Serbuk pati yang diperoleh dari hasil ekstraksi dapat dilihat pada **Gambar IV.2**



Gambar IV. 2 Serbuk Pati

4.3.1 Kadar Pati

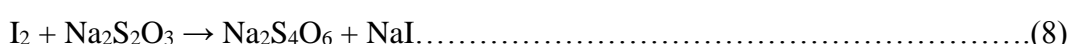
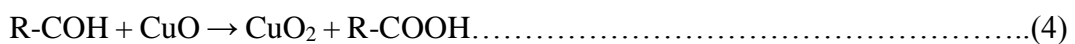
Penetapan karbohidrat (pati) melalui penetapan kadar gula reduksi menggunakan metode Luff Schrool. Reaksi ini berdasarkan persamaan reaksi:

Pertama pati ditimbang terlebih dahulu kemudian ditambahkan HCl supaya pati menjadi molekul sederhana (monosakrida) dengan dilakukan pereflukkan agar reaksi hidrolisis tersebut berlangsung cepat. Setelah direfluks selama 3 jam pati kemudian dinetralkan dengan NaOH. Larutan pati yang telah netral kemudian ditera dengan aquadest pada labu takar 10 mL dan dilakukan penyaringan supaya filtrat dan residu terpisah, kemudian filtrat yang didapatkan ditambahkan larutan Luff Schrool.

Setelah proses hidrolisis selesai, pati yang telah menjadi monomer akan mereduksi ion Cu^{2+} menjadi Cu^+ yang terdapat dalam larutan Luff Schoorl. Dengan reaksi sebagai berikut :



Kelebihan Cu^{2+} ini selanjutnya direaksikan dengan penambahan KI yang bertujuan untuk membebaskan iodium, selanjutnya ditambahkan H_2SO_4 untuk mengikat ion tembaga yang terbentuk dari hasil reduksi monosakarida dengan pereaksi Luff Schrool kemudian membentuk CuSO_4 . Pada dasarnya metode ini menggunakan prinsip iodometri karena yang dianalisis merupakan I_2 bebas yang dijadikan penetapan kadar. Proses idometri adalah proses titrasi terhadap iodium I_2 bebas dalam larutan. Penambahan zat oksidator seperti H_2SO_4 akan membebaskan I_2 yang setara jumlahnya dengan banyaknya oksidator [11]. Selanjutnya I_2 bebas ini dititrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sehingga I_2 akan membentuk kompleks iod-amilum yang tidak larut dalam air sambil ditambahkan indikator amilum sehingga didapatkan hasil titrasi berwarna putih, dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Nilai kadar pati yang didapat hanya 43,166% lebih rendah dibandingkan dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Dyah Ayu [20] yang mencapai 85,92% hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya karena jenis ubi jalar yang digunakan, umur tanaman, lama penyimpanan setelah panen, kondisi iklim, jenis tanah, sampai pada pengelolaan yang berbeda. Kandungan pati yang maksimum dapat didapat pada ubi jalar yang baru panen dan tidak dilakukan penyimpanan [21].

Kadar pati sangat memengaruhi kualitas *edible film*, kadar pati yang terlalu banyak dapat membuat tekstur *edible* menjadi lembek dan tebal sehingga elastisitas yang dimilikinya sangat rendah. Begitupun kadar pati yang terlalu sedikit membuat tekstur *edible* sangat tipis sehingga ketika diangkat dari cetakan *edible* tidak dapat ditarik karena kering menempel pada cetakan.

4.3.2 Kadar Air

Kadar air pati merupakan pengujian yang perlu dilakukan pada saat pembuatan *edible film*. Kadar air dalam *edible film* berperan penting terhadap stabilitas produk yang akan dibungkusnya. Oleh karena itu *edible film* diharapkan memiliki kadar air yang rendah sehingga tidak akan mempengaruhi dalam pemanfaatannya sebagai pengemas makanan.

Kadar air pati menunjukkan banyaknya air yang masih terjebak dalam molekul pati. Kadar amilosa dan amilopektin akan sangat mempengaruhi kadar air dalam pati, karena amilosa bersifat hidrofilik sehingga air akan terjebak dalam amilosa. Jumlah amilosa lebih sedikit dibanding amilopektin pada kebanyakan sumber pati biasanya berkisar antara 20-30% dan amilopektin 70-80% [21]. Adanya perbedaan ini sangat mempengaruhi sifat fisik pati yaitu viskositas, ketahanan terhadap pengadukan, gelatinisasi, pembentukan tekstur, kestabilan gel, dan ukuran granula pati dipengaruhi oleh amilosa dan amilopektin. Jumlah amilopektin yang lebih banyak dibandingkan amilosa membuat pati sukar larut dalam air dingin.

Kadar air pada pati yang diperoleh dengan metode gravimetri ini sebesar 13,94%. Kadar air ini telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh SNI No. 01-3451-1991 yaitu sebesar 15%. Hasil penelitian menunjukkan kadar yang lebih

sedikit dibandingkan dengan standar mutu yang ditetapkan artinya bahwa kadar air pada pati ubi jalar telah memenuhi syarat bahkan dapat dikatakan lebih baik, karena standar mutu yang ditetapkan 15% adalah kadar maksimal air pada pati, semakin kecil kadar air memberikan kualitas yang lebih baik.

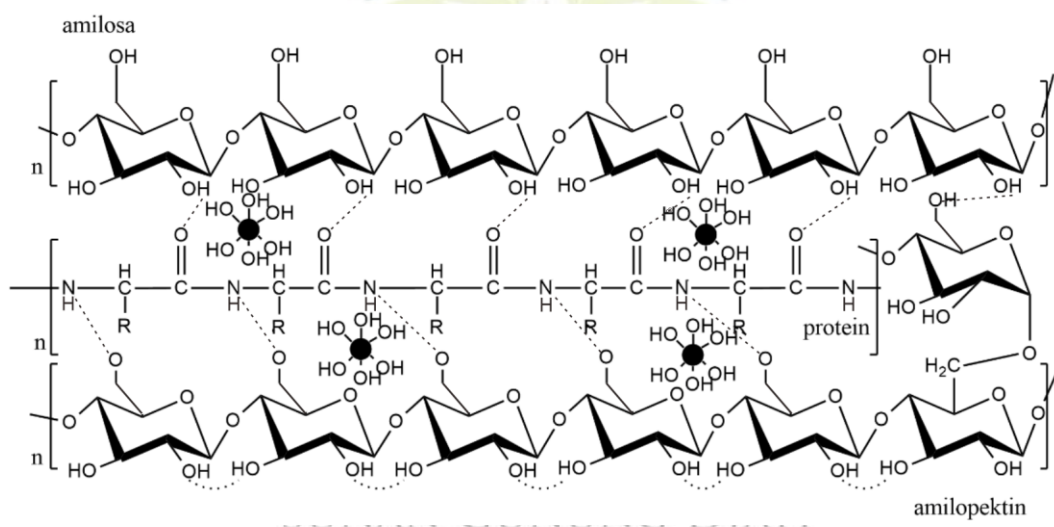
4.3 Karakteristik *Edible Film*

Pembentukan *edible film* dimulai dengan melarutkan serbuk pati dalam aquadest, pati ditimbang sebanyak 1,25 gram ditambahkan 25 mL aquadest kemudian dipanaskan pada suhu 80 °C sambil dilakukan pengadukan menggunakan magnetik stirrer, pati yang dipanaskan dan diaduk bertujuan untuk menghomogenkan pati dengan air membentuk gel atau dikenal dengan proses gelatinisasi, karena pada air dingin pati kurang larut sehingga pati harus dibentuk menjadi gel terlebih dahulu. Proses gelatinisasi pati diawali dengan pembengkakan granula pati akibat penyerapan air, proses pemanasan pati akan menyebabkan granula semakin membengkak karena penyerapan air semakin banyak. Suhu di saat granula pati membengkak disebut dengan suhu gelatinisasi, selain karena pemanasan masuknya air ke dalam granula pati pun menyebabkan pembengkakan karena air akan terperangkap di dalamnya.

Mekanisme pengembangan ini disebabkan karena molekul-molekul amilosa dan amilopektin secara fisik hanya dipertahankan oleh adanya ikatan hidrogen lemah. Atom hidrogen dari gugus hidroksil akan tertarik pada muatan negatif atom oksigen dari gugus hidroksil yang lain. Bila suhu suspensi naik maka ikatan hidrogen makin lemah sedangkan energi kinetik molekul-molekul air akan meningkat, memperlemah ikatan hidrogen antar molekul pati [11].

Selanjutnya pati yang telah menjadi gel ditambahkan *plasticizer* sorbitol 30%. *Plasticizer* ditambahkan ke dalam larutan film bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas film dikarenakan terjadinya penurunan daya tarik intermolekuler diantara rantai polimer. Sorbitol merupakan *plasticizer* yang mempunyai gugus OH, keberadaan gugus OH tersebut bersifat hidrofilik yang mampu mengikat air. Penambahan sorbitol akan menghasilkan film yang lebih fleksibel dan halus, selain itu sorbitol juga dapat meningkatkan permeabilitas film terhadap gas, uap, air, dan zat terlarut [22].

Kemudian dilakukan penambahan *whey* protein sesuai variasi konsentrasi. *Whey* protein ini berperan sebagai biopolimer tambahan yang dapat memperbaiki karakteristik *edible film* seperti pada ketebalan, kemuluran dan kuat tarik. Hal ini dilakukan karena dengan penambahan komposisi *whey* protein diharapkan dapat mengurangi sifat hidrofil pada *edible film* dan meningkatkan sifat hidrofob. Dikarenakan *whey* protein memiliki struktur globular, sehingga pembuatan *edible film* dari *whey* protein membutuhkan denaturasi panas. Denaturasi ini akan memunculkan dan memacu ikatan peptida intramolekuler, ikatan ionik, dan ikatan hidrogen yang memiliki gugus hidrofobik yang apabila ratai-rantai ini terekspos akan menyebabkan protein bersifat hidrofob dan merupakan struktur penyusun *edible film whey* protein [8]. Persamaan reaksi antara pati setelah penambahan sorbitol dan *whey* protein dapat dilihat pada



Gambar IV. 3 Usulan Interaksi Hidrogen Antar Molekul Amilosa, Amilopektin dan *Whey* Protein dalam *Edible Film*

Dalam pembentukan struktur film diperlukan peran ikatan peptida intramolekuler sehingga hasil *edible film* dengan penambahan *whey* akan sulit larut dan dapat menjaga kualitas pada produk pangan. Oleh karena itu penambahan biopolimer yang memiliki sifat lebih hidrofobik juga membantu meningkatkan sifat mekanik serta ketahanan air *edible film* yang dihasilkan [3].

Proses pencetakan *edible film* dilakukan diatas plat kaca dengan panjang plat yang sama dan ketebalan pencetakan yang diusahakn sama. Lalu dilakukan pengovenan selama 9 jam pada suhu 60 °C. *Edible film* yang dihasilkan pada penelitian ini berwarna bening dengan sedikit kekuningan serta memiliki tekstur

yang sedikit lunak. Bentuk dan morfologi *edible film* seperti tekstur dan warna ini sangat mempengaruhi kenampakan *edible film* yang dihasilkan. Hal ini dapat disebabkan karena sumber utama pati yang digunakan, gambar *edible film* dengan penambahan *whey* protein dan tanpa penambahan *whey* protein dapat dilihat pada **Gambar IV.3 dan IV.4**



Gambar IV. 4 *Edible film* dengan penambahan *whey* protein



Gambar IV. 5 *Edible film* dengan tanpa *whey* protein

4.3.1 Ketebalan *Edible Film*

Uji ketebalan merupakan parameter sifat fisik yang sangat penting karena berpengaruh terhadap penggunaannya untuk mengemas atau melapisi produk. Ketebalan akan mempengaruhi laju transmisi uap air dan gas, kekuatan tarik dan kemuluran dari *edible film*. Hasil penelitian dengan pengaruh komposisi protein *whey* terhadap ketebalan *edible film* dapat dilihat pada **Tabel IV.1**

Tabel IV.1 Ketebalan *Edible Film*

Sampel <i>edible film</i>	Ketebalan (mm)
Tanpa <i>whey</i>	0,011
<i>Whey Protein</i> 2%	0,011
<i>Whey Protein</i> 3%	0,011
<i>Whey Protein</i> 4%	0,011
<i>Whey Protein</i> 6%	0,013

Berdasarkan **Tabel IV.1** ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh konsentrasi *whey* protein yang semakin meningkat dengan bertambahnya komposisi protein

whey. Nilai ketebalan tertinggi terdapat pada komposisi *whey* 6% dengan ketebalan 0,013 mm. Ketebalan *edible tertinggi* memenuhi standar sebesar 0,25 mm menurut *Japanese industrial standard* [9]. Ketebalan *edible film* ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti luas cetakan, volume larutan dan banyaknya total padatan dalam larutan, *edible film* dengan ketebalan yang cukup tinggi akan memiliki sifat kaku dan keras.

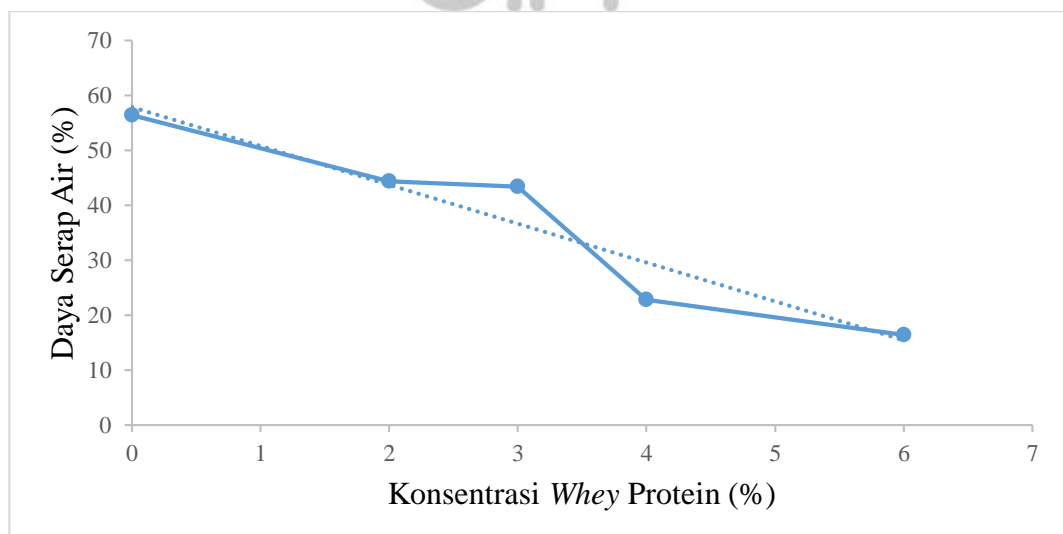
4.3.2 Uji Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dilakukan karena ketahanan terhadap air dapat berpengaruh pada umur simpan produk pangan. Dengan bertambahnya *whey* protein daya serap air menurun seperti pada **Tabel IV.2**

Tabel IV.2 Hasil Uji Daya Serap Air *Edible Film*

Sampel	Daya serap air (%)
Tanpa whey	56,35%
Whey protein 2%	44,37%
Whey protein 3%	43,38%
Whey protein 4%	22,80%
Whey protein 6%	16,44%

Dari **Tabel IV.2** dapat kita lihat dalam bentuk grafik bagaimana pengaruh variasi *whey* protein terhadap kadar air pada *edible film* seperti pada **Gambar IV.6**



Gambar IV. 6 Grafik Hubungan Variasi Konsentrasi *Whey Protein* terhadap Daya Serap Air pada *Edible Film*

Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa daya serap air pada *edible film* dengan penambahan *whey* protein dan tanpa *whey protein* memiliki perbedaan yang sangat signifikan menurun. Semakin tinggi komposisi *whey protein* yang ditambahkan maka semakin rendah daya serap airnya. Oleh karena itu dapat dilihat bahwa *edible film* tanpa *whey protein* memiliki daya serap yang besar dibandingkan dengan penambahan *whey*. Hal ini disebabkan karena *edible* dari pati memiliki sifat hidrofilik yang kurang baik terhadap kelembaban. Sedangkan pada *edible film* dengan penambahan *whey* protein dia memiliki sifat hidrofobik karena *whey* mengandung gugus amida yang bersifat hidrofobik.

Dari komposisi konsentrasi protein *whey* yang ditambahkan dapat diketahui bahwa semakin besar daya serap air maka *edible film* yang dihasilkan tidak akan mudah mengalami *biodegradabilitas*, begitupun sebaliknya semakin besar daya serap air maka *edible film* yang dihasilkan akan mudah mengalami *biodegradabilitas* [23].

4.3.3 Uji Sifat Mekanik *Edible Film*

Pengujian sifat mekanik *edible film* meliputi beberapa uji diantaranya uji kuat tarik (*Tensile Strength*), perpanjangan (*Elongasi at break*), dan elastisitas (*Modulus young*).

A. Uji kuat tarik

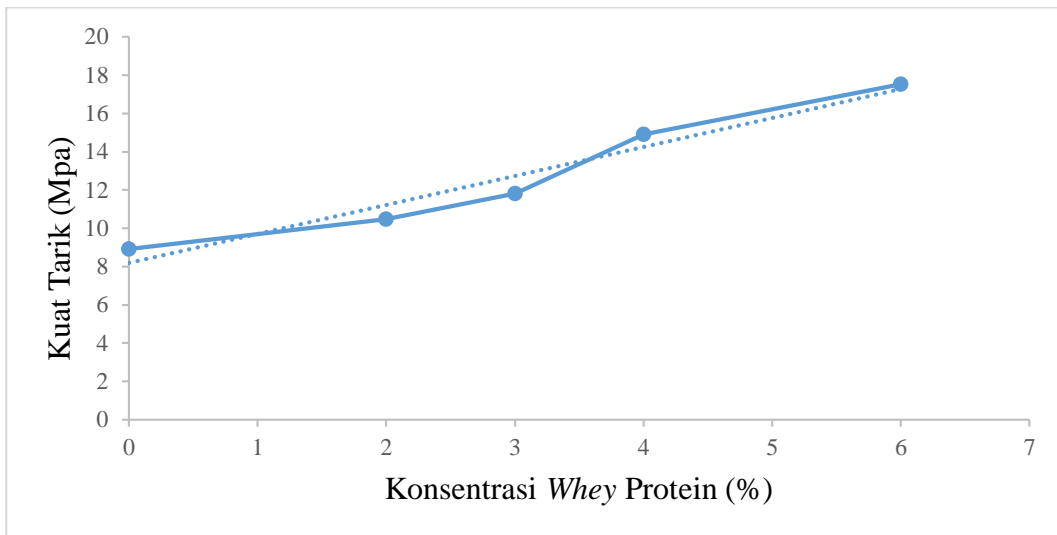
Pada uji kuat tarik ini akan diketahui tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai *edible film* tetap bertahan sebelum putus atau sobek, sehingga dapat diketahui kekuatan *edible film*, pengujian kuat tarik ini dapat dilihat pada **Tabel IV.3** berikut.

Tabel IV.3 Hasil Uji Kuat Tarik pada *Edible Film*

Sampel	Kuat Tarik (Mpa)
Tanpa whey	8,915
Whey protein 2%	10,475
Whey protein 3%	11,813
Whey protein 4%	14,914
Whey protein 6%	17,538

Berdasarkan tabel didapatkan nilai uji kuat tarik dari *edible film* sesuai *whey* protein yang divariasikan. Kuat tarik *edible film* dengan bertambahnya komposisi *whey* protein mengalami kenaikan. Hal ini dapat dilihat pada grafik hubungan

variasi protein *whey* terhadap kuat tarik *edible film* yang ditunjukkan pada **Gambar IV.7**



Gambar IV. 7 Grafik Hubungan Variasi Konsentrasi *Whey* Protein terhadap Kuat Tarik *Edible Film*

Penambahan komposisi *whey* protein yang semakin tinggi akan menyebabkan gel yang lebih stabil sehingga nilai kuat tarik yang didapatkan akan semakin besar karena *edible* yang dihasilkan akan lebih kaku. Serta sifat *whey* protein yang hidrofobik yang menyebabkan kuat tarik semakin tinggi. Selain itu *edible film* dengan kandungan amilosa tinggi akan memiliki nilai kuat tarik yang tinggi karena amilosa mempunyai struktur rantai linier dimana kelinieran struktur molekul amilosa berpengaruh terhadap dispersi energi saat dilakukan uji kuat tarik, sedangkan amilopektin menyebabkan *edible film* mudah rapuh dan mudah putus karena struktur amilopektin yang bercabang dimana energi yang diteruskan pada rantai linier jauh lebih besar dibandingkan rantai bercabang [11].

Edible dengan kuat tarik yang tinggi akan semakin baik dalam melindungi produk yang dikemasnya dari gangguan mekanis (menahan kerusakan mekanis). Berdasarkan **Tabel IV.3** kekuatan tarik *edible film* pada penelitian ini berkisar pada 8,91-17,53 Mpa. Nilai kuat tarik ini sudah mencukupi standar kuat tarik *edible film* pada 40 Mpa menurut *Japanese Industrial Standard* [24].

B. Persentase perpanjangan (*Elongasi*)

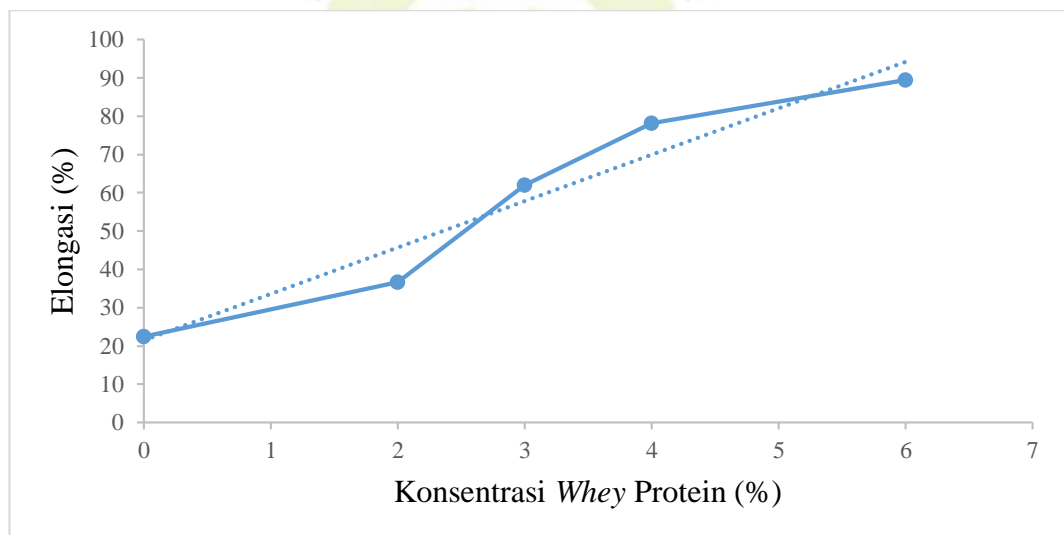
Persen perpanjangan atau *elongasi* menunjukkan kemampuan meregang *edible film* yang dihasilkan secara maksimum. Dari hasil penelitian didapatkan hasil

elongasi edible film yang divariasikan *whey* proteinnya mengalami peningkatan yang dapat dilihat pada **Tabel IV.4**

Tabel IV.4 Persentase perpanjangan *Edible Film*

Sampel	Persentase perpanjangan (%)
Tanpa whey	22,49
Whey protein 2%	36,65
Whey protein 3%	62,08
Whey protein 4%	78,22
Whey protein 6%	89,46

Kenaikan persentase perpanjangan ini disebabkan karena kenaikan konsentrasi protein *whey* sehingga matriks film menjadi fleksibel. Semakin tinggi komposisi *whey* yang diberikan maka kemulurannya semakin besar karena jumlah partikel yang terdapat dalam *edible film* semakin longgar, maka ruang gerak antar molekulnya semakin besar yang menyebabkan kemuluran yang semakin besar [9]. Dapat dilihat pada **Gambar IV.8**.



Gambar IV. 8 Grafik Hubungan Variasi Konsentrasi *Whey Protein* Persentase perpanjangan *Edible Film*

Namun dengan tingginya *elongasi* membuat *edible* sangat lemah karena *edible* mudah untuk merenggang dan memanjang hal ini dapat menyebabkan permukaan *edible film* lebih tipis sehingga *edible film* yang dihasilkan mudah robek dan rusak. Namun hal ini dapat diatasi dengan penambahan *plasticiser* sorbitol yang dapat meningkatkan nilai pemanjangan sehingga kerapuhan *edible film* dapat menurun [10].

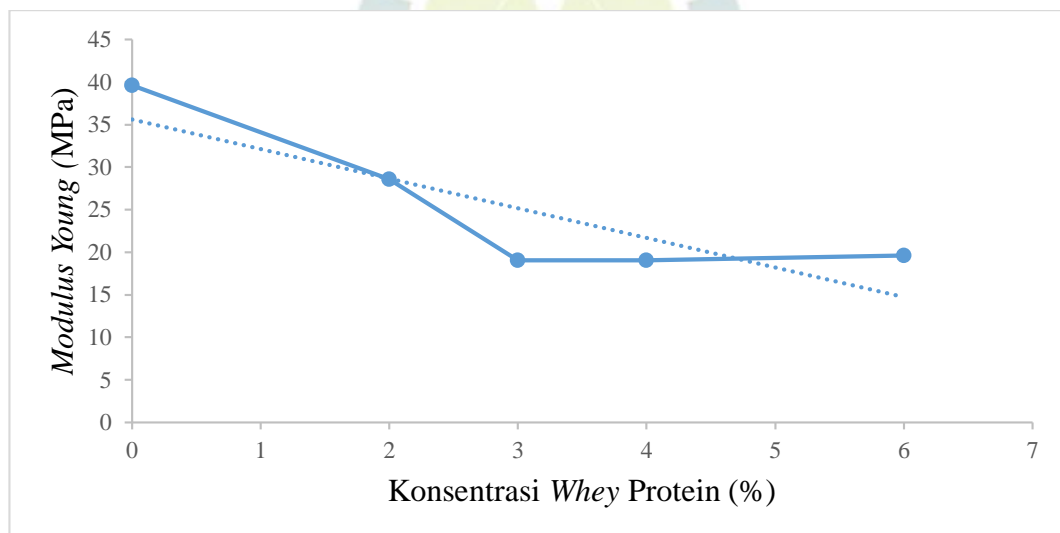
C. Uji Elastisitas (*Modulus Young*)

Dalam pengujian *modulus young* harus didapat nilai *elongasi* dan *force* elastisitas terlebih dahulu. Nilai *modulus young* dapat menunjukkan kekuatan dari suatu *edible film*, dari hasil perhitungan didapat nilai *modulus young* seperti pada **Tabel IV.5**

Tabel IV.5 Nilai *Modulus Young Edible Film*

Sampel	<i>Modulus Young</i>(MPa)
Tanpa whey	39,635
Whey protein 2%	28,581
Whey protein 3%	19,029
Whey protein 4%	19,067
Whey protein 6%	19,604

Dari hasil perhitungan yang didapat diketahui *modulus young* yang kecil menandakan bahwa *edible film* tersebut bersifat elastis. Dengan menurunnya nilai *modulus young* menunjukkan fleksibilitas *edible* meningkat [25]. Hal ini dapat kita lihat dalam **Gambar IV.**

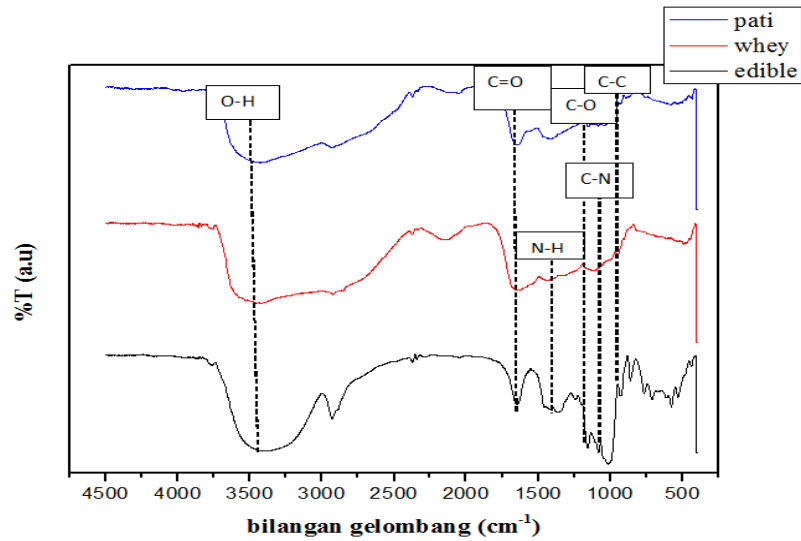


Gambar IV. 9 Grafik Hubungan Variasi Konsentrasi *Whey Protein* terhadap *Modulus Young Edible Film*

4.3.4 Karakterisasi *Edible Film* dengan FTIR

Analisis gugus fungsi *edible film* bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi *edible film* baik yang mengandung senyawa organik maupun senyawa anorganik. Banyaknya frekuensi yang dilewatkan diukur sebagai persen *transmittance* (% T). Analisis gugus fungsi dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform Infra*

Red (FTIR) pada beberapa tahapan diantaranya pada sampel pati, sampel *whey* protein dan sampel *edible* dengan penambahan *whey* protein. Grafik hasil FTIR ini dapat dilihat pada **Gambar IV.10**.



Gambar IV. 10 FTIR Pati, *Edible* dengan *whey* protein dan *Whey* protein

Hasil karakterisasi terhadap tahapan proses pembuatan *edible film* dengan teknik spektroskopi FTIR pada gambar diatas. Dilihat dari spektrum FTIR dari mulai bahan dasar yaitu pati ubi jalar, *whey* protein sampai menjadi *edible film* terdapat beberapa serapan gugus fungsi. Pada bahan dasar pati ubi jalar dan *whey* protein terdapat gugus fungsi yang bisa dilihat pada **Tabel IV.6**

Tabel IV.6 Gugus Fungsi pada Ubi jalar dan *Whey* Protein

Gugus fungsi	Peak (cm ⁻¹) pati	Peak (cm ⁻¹) whey	Peak (cm ⁻¹) edible film
O-H	3408,22	3292,49	3429,43
C=O	1643,35	1649,14	1643,35
C-H	1367,53	1446,61	2927,94
C-O	1082,07	1240,23	1155,36
C-C	860,25	1159,22	935,48
N-H	-	1533,41	1427,37
C-N	-	1076,28	1082,07

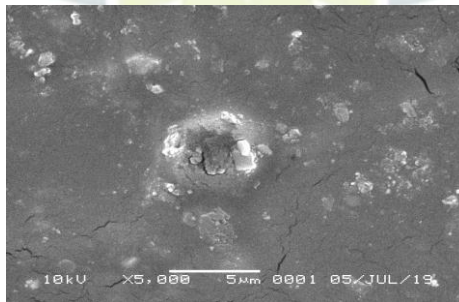
Setelah adanya penambahan *whey* protein pada *edible film* pati terdapat perbedaan dengan bertambahnya gugus N-H dan C-N dalam sampel. Penambahan sorbitol tidak menghasilkan gugus baru hanya saja terjadi pengurangan intensitas pada gugus fungsi O-H, dan N-H karena *plasticizer* sorbitol dapat melemahkan ikatan hidrogen rantai polimer, mengurangi kekakuan polimer sehingga didapat

lapisan yang elastis dan fleksibel, menurunkan gaya inter molekul dengan cara memperlebar ruang kosong molekul [10].

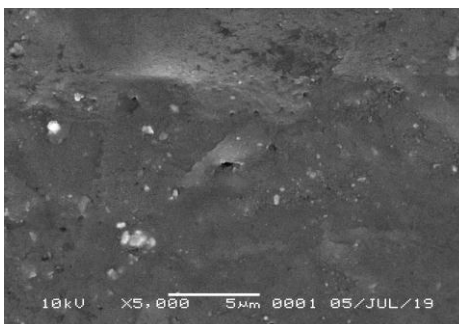
Penambahan pati-*whey* protein dan sorbitol bertujuan untuk memodifikasi pati, namun jika dilihat dari panjang gelombang yang terbaca tidak terdapat gugus fungsi baru yang terbentuk. Hal tersebut berarti *edible film* yang dihasilkan merupakan proses *blending* secara fisika karena tidak ditemukannya gugus fungsi baru sehingga sifat *edible film* memiliki sifat seperti komponen-komponen penyusunnya.

4.3.5 Karakterisasi *Edible Film* dengan SEM

Analisis morfologi dilakukan di Laboratorium Pusat Geologi dengan menggunakan alat SEM (*Analytical Scanning Electron Microscope*). Analisis ini bertujuan untuk menjelaskan bagaimana morfologi dari *edible film* yang terbentuk. Berdasarkan hasil uji SEM pada penampang alas *edible film* dengan komposisi *whey* protein 2% dan 6% dapat dilihat pada **Gambar IV.11** dan **Gambar IV.12**



Gambar IV. 11 Penampang Atas *Edible Film* dengan *Whey Protein* 2% perbesaran 5000 kali



Gambar IV. 12 Penampang Atas *Edible Film* dengan *Whey Protein* 6% perbesaran 5000 kali

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa struktur molekul *edible film* yang menggunakan pati ubi jalar tidak terlalu rapat. Retakan yang terjadi diduga karena ukuran granula partikel pati yang tidak sama. Juga karena ubi jalar lebih banyak mengandung amilopektin dibandingkan amilosa, amilopektin yang tinggi menyebabkan *edible film* mudah rapuh dan mudah putus karena struktur amilopektin yang bercabang. Terlihat pula warna putih pada penampang *edible film* diatas dimungkinkan karena *edible film* yang sudah kurang baik kondisinya. Semakin rapat struktur molekul *edible film*, maka semakin baik kekuatan tariknya, karena semakin sedikit *edible film* tersebut menyerap air.

