

**ABSTRAK DAN *EXECUTIVE SUMMARY*
PENELITIAN FUNDAMENTAL**



**INTERAKSI MAKROMOLEKUL GEL CAMPURAN PATI
TAPIOKA DENGAN PROTEIN KEDELAI ATAU PROTEIN
SUSU PADA SISTEM DENGAN VARIASI Ph DAN
PENGADUKAN**

**Dr. Triana Lindriati, ST.MP. (0014086803)
Dr. Ir. Herlina, MP. (0018056601)
Ahmad Nafi, STp. MP. (0003047802)**

**UNIVERSITAS JEMBER
Desember, 2014**

Interaksi Makromolekul Gel Campuran Pati Tapioka dengan Protein Kedelai atau Protein Susu pada Sistem dengan Variasi pH dan Pengadukan

Peneliti : Triana Lindriati¹, Herlina², Ahmad Nafi³
Mahasiswa Terlibat : Devara Herayasa⁴, Istiqomah⁵, Fahrizki Annisa R⁶
Sumber Dana : DIPA Universitas Jember melalui penelitian Fundamental

¹ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

² Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

³ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

⁴ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

⁵ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

⁶ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

ABSTRAK

Interaksi karbohidrat-protein sangat penting untuk dipelajari karena peranannya dalam mempengaruhi sifat bahan. Pada penelitian ini yang dipelajari adalah interaksi antara pati tapioka dengan protein kedelai dan protein susu (whey dan casein) karena bahan-bahan tersebut mudah diperoleh dan telah banyak digunakan pada industri makanan di Indonesia. Penelitian ini mempelajari pengaruh komposisi dan waktu pengadukan terhadap sifat fisik dan mekanik gel dan film yang dihasilkan sehingga dari data yang diperoleh dapat diprediksi interaksi makromolekul yang terjadi. Pengaduk yang digunakan adalah ekstruder ulir tunggal. Komposisi karbohidrat-protein divariasikan terhadap jumlah protein yang ditambahkan yaitu 0%, 20% dan 40%. Variasi waktu pengadukan digunakan tiga tingkat yaitu 2 menit, 4 menit dan 6 menit. Parameter yang diamati adalah: tekstur dan kelarutan pellet. Ketika pellet dicetak dan dibentuk lembaran parameter yang diamati adalah kekuatan tarik, perpanjangan dan daya larut. Analisa data dilakukan dengan menggunakan program minitab 1.4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan variasi komposisi dan waktu putar berpengaruh terhadap Water Holding Capacity dan kelarutan pellet. Variasi waktu putar dan komposisi berpengaruh terhadap kekuatan tarik, perpanjangan dan kelarutan edible film yang terbentuk. Foto mikroskop dengan pewarnaan rhodamin pembesaran 200 kali pada komposisi protein 20% menunjukkan penurunan ukuran agregat matrik protein yang ditunjukkan semakin kecilnya ukuran gumpalan warna violet. Hasil pengamatan dengan Fourier Transform Infra Red menunjukkan tidak terjadi perubahan bentuk spektrum karena perlakuan, diduga interaksi karbohidrat – protein pada penelitian ini bukan merupakan terbentuknya ikatan yang permanen akan tetapi berupa interaksi repulsive karena pembengkakan volume.

Key word: Ekstrusi, pellet, edible film, Rhodamin, Fourier Transform Infra Red.

Interaksi Makromolekul Gel Campuran Pati Tapioka dengan Protein Kedelai atau Protein Susu pada Sistem dengan Variasi pH dan Pengadukan

Peneliti : Triana Lindriati¹, Herlina², Ahmad Nafi³
Mahasiswa Terlibat : Devara Herayasa⁴, Istiqomah⁵, Fahrizki Annisa R⁶
Sumber Dana : DIPA Universitas Jember melalui penelitian Fundamental

¹ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

² Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

³ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

⁴ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

⁵ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

⁶ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Latar Belakang dan Tujuan

Karbohidrat dan protein merupakan polimer alami yang jumlahnya melimpah. Pemanfaatan karbohidrat dan protein sebagian besar selama ini adalah untuk bahan pangan. Dalam pengolahan makanan interaksi antara karbohidrat dan protein dapat dijumpai dalam berbagai produk makanan diantaranya adalah: *bakery*, *dairy product*, produk terekstruksi, *restructure meat*, dan lain sebagainya. Adanya interaksi karbohidrat dan protein dapat mempengaruhi berbagai sifat bahan diantaranya adalah : sifat aliran, stabilitas, tekstur dan *mouth feel* (de Kruif and Tuinier, 2001), bahkan dalam kondisi tertentu interaksi karbohidrat protein dapat membentuk makromolekul besar yang sulit larut bahkan sulit dicerna.

Selain dalam bidang pangan interaksi karbohidrat protein juga telah dikembangkan pada bidang ilmu bahan. Interaksi karbohidrat protein dapat menghasilkan bahan dengan rentang yang luas dipandang dari sudut elastisitas, kekuatan tarik, daya hantar listrik dan panas, tekstur dan lain sebagainya. Dari penelitian terdahulu (Lindriati, 2011) dengan memodifikasi kondisi pencampuran dan komposisi dapat dihasilkan material yang lunak seperti sponge hingga kuat seperti epoksi. Dengan sumber karbohidrat dan protein yang melimpah di alam pengembangan material dari bahan dasar protein dan karbohidrat menjadi hal yang menjanjikan. Oleh karena itu pengetahuan mengenai interaksi karbohidrat protein sangat penting untuk

dikembangkan dan bermanfaat di bidang ilmu teknologi pangan maupun ilmu pengembangan material (bahan).

Interaksi karbohidrat protein dapat berupa ikatan kimia maupun hanya interaksi fisik yang dipengaruhi oleh kondisi pemasakan, pengadukan dan adanya komponen lain misalnya garam, asam maupun basa. Komponen seperti garam, asam maupun garam dapat memberikan perbedaan pH. Pada pengolahan bahan makanan perbedaan tingkat keasaman sering dijumpai.

Interaksi karbohidrat protein juga dapat dipengaruhi oleh kondisi pemasakan/penyiapan bahan diantaranya karena pengadukan. Koloid karbohidrat maupun protein merupakan fluida non newtonian dimana gaya geser akan mempengaruhi kekentalan/viskositas bahan. Pengaruh gaya geser terhadap perubahan viskositas koloid protein lebih besar dibandingkan pengaruhnya terhadap karbohidrat. Oleh karena itu pada kecepatan geser tertentu terjadi interaksi karena pengembangan volume protein (Lindriati, 2011).

Pati tapioka merupakan pati yang diperoleh dari Ubi Kayu dan merupakan pati yang paling mudah diperoleh dan murah harganya. Industri makanan di Indonesia lebih banyak menggunakan pati tapioka dibandingkan jenis pati yang lainnya. Tapioka dalam industri makanan selain digunakan sebagai sumber karbohidrat juga sebagai bahan tambahan yang berfungsi sebagai pengental, bahan pengisi, dan penstabil makanan (Radiyah dan Agosto, 1990).

Pati tapioka dalam industri makanan sering digunakan dalam campuran dengan Isolat protein kedelai (*restructure meat*, produk-produk pangan terekstruksi) maupun dengan protein susu (*dairy product*). Penelitian-penelitian yang telah mempelajari interaksi karbohidrat protein masih sedikit yang mengembang interaksi pati tapioka dan lebih banyak mengembangkan sumber pati yang lain seperti misalnya pati kentang, pati gandum dan pati jagung. Oleh karena itu perlu dipelajari interaksi pati tapioka dengan isolat protein kedelai maupun dengan protein susu.

Penelitian direncanakan dilaksanakan dalam dua tahun dimana tujuan penelitian pada tahapan ini adalah untuk mempelajari interaksi pati tapioka dengan protein kedelai karena pengaruh komposisi dan waktu pengadukan pada pellet hasil ekstrusi dan *edible film*.

Metode Penelitian yang Digunakan

Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan bahan dasar tapioka, isolat protein kedelai (IPK). Selain bahan tersebut digunakan gliserol dengan standart teknis sebagai plastisizer dan Rhodamin sebagai pewarna protein.

Berbagai peralatan digunakan untuk mendukung pelaksanaan penelitian diantaranya adalah: timbangan analitik (Ohaus), spektrofotometri (Genesys 10 W Scawing), sentrifuge, vorteks (Type 16700 Mixer), Universal Testing Machine (shimadzu, EZ T 20) dan ekstruder “healthy power noodle”.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian direncanakan dapat terselesaikan dalam waktu 10 (sepuluh) bulan mulai bulan Maret hingga bulan Desember 2014. Adapun lokasi penelitian dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Daftar nama laboratorium yang digunakan dalam penelitian

No	Nama Laboratorium	Hal yang dikerjakan
1.	Laboratorium Rekayasa Proses Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Jember	<ul style="list-style-type: none">• Penyiapan bahan dan analisa kelarutan edible film• Kuat tarik dan perpanjangan
2.	Laboratorium Kimia-Biokimia Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Jember	<ul style="list-style-type: none">• Analisa <i>water holding capacity</i> dan kelarutan protein
3.	Laboratorium Kimia, Fakultas Farmasi, Universitas Jember	<ul style="list-style-type: none">• Pengujian dengan FTIR (<i>Fourier Transform Infra Red</i>)• Pengamatan Struktur Mikro (Mikroskop dengan pewarnaan rhodamin)

Penelitian Tahun Kedua

Penelitian diawali dengan penyiapan bahan tepung campuran pati tapioka dengan isolat protein kedelai (campuran karbohidrat protein). Pencampuran dilakukan sedemikian rupa sehingga diperoleh campuran yang homogen. Komposisi campuran tepung tersebut divariasikan dengan perbedaan persentase protein yang ditambahkan yaitu: 0%, 20% dan 40%.

Tepung campuran karbohidrat dan protein kemudian dibuat adonan dengan penambahan aquadest sedemikian rupa sehingga diperoleh adonan kalis seperti adonan untuk pembuatan roti tawar. Adonan disiapkan dengan menggunakan ekstruder ulir tunggal dengan tiga variasi waktu pengadukannya (2 menit, 4 menit, 6 menit). Setelah diaduk adonan dicetak

menyerupai pellet untuk kemudian dikeringkan pada suhu 60°C selama 24 jam sehingga diperoleh pelet kering. Kemudian pellet kering tersebut diamati parameter-parameternya yaitu: pengendapan larutan (spetrofotometri), *water Holding Capacity* dan gugus fungsional (FTIR).

Pellet yang diperoleh akan digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan *edible film*. Adonan dilarutkan dalam air dengan perbandingan 10 gram berat pellet dilarutkan dalam 100 ml aquadest dengan penambahan sukrosa 2 gram, kemudian adonan dipanaskan dengan sistem water bath 100°C selama 15 menit hingga terbentuk gel. Gel yang terbentuk kemudian dicetak dan dikeringkan dalam oven suhu 50°C selama 20 jam. *Edible film* disimpan dalam wadah yang sudah berisi silika gel untuk kemudian diamati parameter-parameternya yaitu: ketebalan, kuat tarik, perpanjangan dan kelarutan.

Data yang diperoleh dianalisa menggunakan **Rancangan Acak Lengkap 2** faktor yaitu persen penambahan protein dan waktu pengadukan, dimana dibagi menjadi dua kelompok tergantung jenis pengaduk yang digunakan. Tiap perlakuan dilakukan 3 (tiga) kali pengulangan. Pengolahan data dilakukan dengan program minitab v 1.4.

Parameter yang diamati

Parameter pellet yang diamati adalah kelarutan protein dengan metode pengendapan larutan (Dahle, 1971), analisa gugus fungsional (*FTIR*) dan *Water Holding Capacity* (AACC, 1991, modifikasi).

Parameter *edible film* yang diamati adalah kekuatan tarik dan regangan (menurut standart ASTM D638-94 dalam Chang *et al*, 2000), ketebalan (Digimiro ME 50HA, Nikon Corporation, Nikon, Lapan), Pengukuran kelarutan *edible film* dalam air (Gontard *et al.*, 1992)

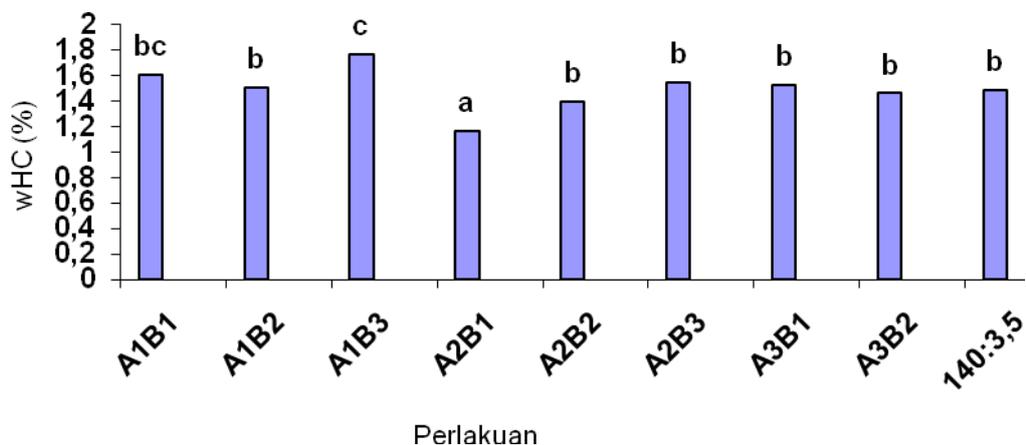
Pemaparan Hasil

Water Holding Capacity (WHC) Adonan

Rerata hasil pengukuran WHC adonan pada penelitian ini berkisar antara 1,169% hingga 1,767% disajikan pada **Gambar 1**. Nilai WHC tertinggi diperoleh pada kondisi operasi ulir dengan waktu 2 menit dan komposisi 40% sedangkan WHC terendah diperoleh dari kondisi operasi ulir dengan waktu 6 menit dan komposisi 0%. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa waktu putar dan komposisi berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai WHC demikian juga dengan interaksi diantara kedua parameter juga berpengaruh nyata terhadap nilai WHC ($p < 0,05$).

Gambar 1. menunjukkan bahwa pada waktu putar ulir 2 menit perubahan nilai komposisi berpengaruh nyata pada nilai WHC ($p < 0,05$). Secara umum peningkatan komposisi protein meningkatkan nilai WHC. Pada waktu putar 4 menit peningkatan komposisi protein juga meningkatkan WHC. Sedangkan pada waktu putar 6 menit perubahan nilai komposisi tidak mempengaruhi nilai WHC secara nyata.

Pada waktu putar 6 menit, perbedaan nilai komposisi tidak berpengaruh nyata terhadap nilai WHC karena waktu tinggal pada kecepatan putar tersebut mengakibatkan penurunan pengaruh interaksi komponen terhadap perubahan WHC adonan.

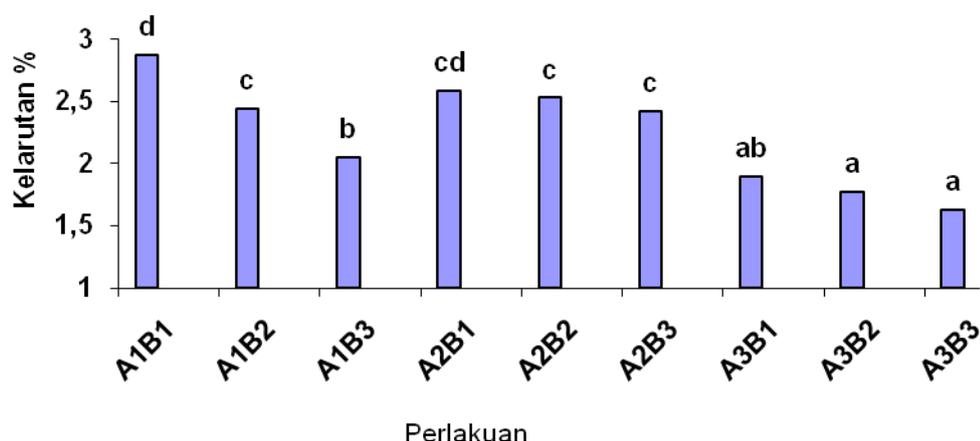


Gambar 1. Grafik pengaruh kondisi operasi ulir dan komposisi terhadap nilai WHC adonan (A1B1: waktu 2 menit : komposisi 0%; A1B2: waktu 2 menit : komposisi 20%; A1B3: waktu 2 menit : komposisi 40%; A2B1: : waktu 4 menit : komposisi 0%; A2B2: waktu 4 menit : komposisi 20%; A2B3: waktu 4 menit : komposisi 40%; A3B1: waktu 6 menit : komposisi 0%; A3B2: waktu 6 menit : komposisi 20%; A3B3 : waktu 6 menit : komposisi 40%)

Menurut Hermanson (1978) WHC didefinisikan sebagai sifat fisik produk pangan dan kemampuan struktur makanan untuk mempertahankan air pada struktur 3 dimensi protein, dimana berbagai sifat fungsional protein berhubungan dengan WHC-nya. Pada penelitian ini perubahan nilai WHC diduga lebih karena *network* protein-protein dan perubahan struktur adonan karena *network* tersebut. Ning dan Vilota (1994) juga menduga bahwa kemampuan menyerap dan mempertahankan air dari produk ekstrusi dipengaruhi oleh struktur dan porositas produk

Kelarutan Pellet

Rerata hasil pengukuran kelarutan adonan pada penelitian ini berkisar antara 1,633 % hingga 2,878 % disajikan pada **Gambar 2**. Nilai kelarutan tertinggi diperoleh pada kondisi operasi ulir dengan waktu putar 2 menit dan komposisi 20% sedangkan kelarutan terendah diperoleh dari kondisi operasi ulir dengan waktu putar 4 menit dan komposisi 40%. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa waktu putar dan komposisi berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai kelarutan demikian juga dengan interaksi diantara kedua parameter juga berpengaruh nyata terhadap nilai kelarutan ($p < 0,05$).



Gambar 2. Grafik pengaruh kondisi operasi ulir dan komposisi terhadap nilai kelarutan adonan (A1B1: waktu 2 menit : komposisi 0%; A1B2: waktu 2 menit : komposisi 20%; A1B3: waktu 2 menit : komposisi 40%; A2B1: : waktu 4 menit : komposisi 0%; A2B2: waktu 4 menit : komposisi 20%; A2B3: waktu 4 menit : komposisi 40%; A3B1: waktu 6 menit : komposisi 0%; A3B2: waktu 6 menit : komposisi 20%; A3B3 : waktu 6 menit : komposisi 40%).

Peningkatan waktu putar menurunkan nilai kelarutan dan penurunannya berbeda nyata ($p < 0,05$) (**Gambar 2**). Hal tersebut kemungkinan disebabkan

karena gaya geser yang terlalu besar pada waktu putar 4 menit dan 6 menit menyebabkan pelunakan tekstur adonan, sehingga adonan menjadi mudah larut.

Peningkatan kandungan protein dapat menurunkan kelarutan (**Gambar 2**). Hal tersebut disebabkan karena perbedaan sifat karbohidrat dan protein jika terkena gaya geser. Menurut Fellow (1988), protein merupakan fluida *non Newtonian* yang sifatnya mudah berubah dengan adanya gaya geser atau menunjukkan sifat plastis pada berbagai tingkat gaya geser. Protein dapat membentuk *network* protein-protein yang menyerupai serat jika terkena gaya geser (Noguchi, 1989) hal tersebut diduga yang berperan terhadap penurunan kelarutan

Kekuatan Tarik *Edible Film*

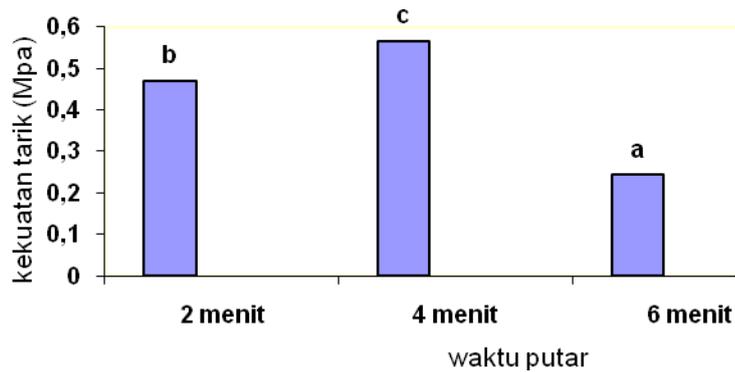
Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat mekanik terpenting pada plastik yang didefinisikan sebagai gaya maksimum yang bekerja setiap satuan luas yang mengenai sampel sebelum robek (Kroctha *et al.*, 1994). Semakin tinggi nilai kekuatan tarik menunjukkan plastik lebih tahan terhadap beban yang diberikan, sehingga meningkatnya kekuatan tarik menunjukkan plastik lebih kuat.

Rerata hasil pengukuran kekuatan tarik *edible film* pada penelitian ini berkisar antara 0,622 Mpa hingga 0,143 Mpa. Nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada kondisi operasi ulir dengan waktu putar 2 menit dan komposisi 40% sedangkan kekuatan tarik terendah diperoleh dari kondisi operasi ulir dengan waktu putar 6 menit dan komposisi 0%. Hasil analisis ragam menunjukkan waktu putar ulir dan komposisi berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kekuatan tarik *edible film* dan interaksi diantara kedua parameter tersebut tidak berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik ($p > 0,05$).

Gambar 3 menunjukkan bahwa secara umum peningkatan waktu putar menurunkan nilai kekuatan tarik *edible film*. Menurut Domingues *et al* (2007) peningkatan kecepatan putar meningkatkan tegangan geser dan menurunkan ukuran agregat protein yang terbentuk, hal tersebut diduga berperan terhadap penurunan nilai kekuatan tarik *edible film*.

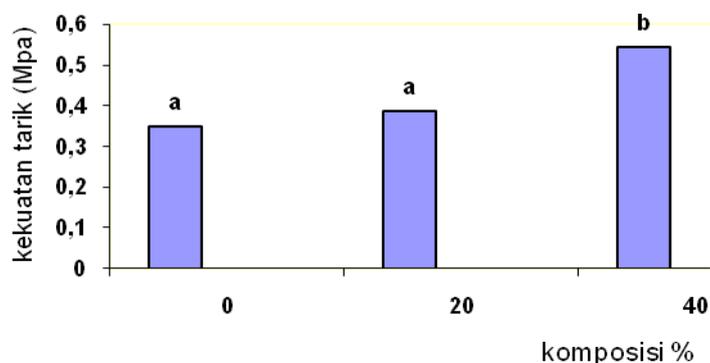
Perubahan waktu putar dari 2 menit ke 4 menit justru meningkatkan kekuatan tarik dan peningkatannya berbeda nyata (**Gambar 3**). Hal tersebut diduga karena adanya granula yang terperangkap di dalam serat protein

sehingga ketika adonan dicetak, pati dan serat protein membentuk struktur yang saling menguatkan.



Gambar 3. Nilai kekuatan tarik sebagai pengaruh waktu putar ulir

Gambar 4 menunjukkan nilai kekuatan tarik meningkat seiring dengan meningkatnya komposisi protein. Hal tersebut disebabkan karena protein dengan adanya gaya geser akan membentuk network protein-protein yang akan memperkuat matrik *edible film*. Hal tersebut berperan dalam peningkatan kekuatan tarik *edible film* yang dihasilkan. Selain itu menurut Guilbert and Graille (1994), secara umum sifat mekanis *edible film* dari protein lebih baik dari pada *edible film* dari pati. Hal ini disebabkan karena pati merupakan homopolimer, sedangkan protein mempunyai struktur yang spesifik tersusun dari paling tidak 20 ikatan hidrogen, pada monomer yang berbeda, hal tersebut mengakibatkan *edible film* dari protein memiliki kuat tarik yang lebih besar dari pada pati.



Gambar 4. Nilai kekuatan tarik sebagai pengaruh komposisi

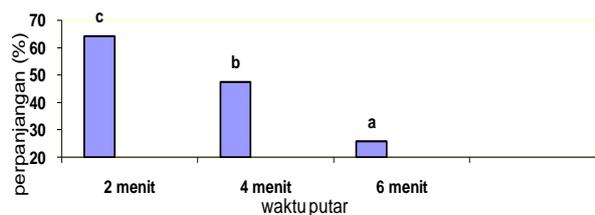
Perpanjangan

Perpanjangan merupakan salah satu faktor yang menentukan kualitas plastik. Perpanjangan merupakan perubahan panjang maksimum plastik terhadap panjang mula-mula pada saat sobek (Krochta *et al.*, 1994). Nilai perpanjangan yang besar menunjukkan plastik lebih elastis.

Rerata hasil pengukuran perpanjangan *edible film* pada penelitian ini berkisar antara 24,859% hingga 77,500 %. Nilai perpanjangan tertinggi diperoleh pada kondisi operasi ulir dengan waktu putar 2 menit dan komposisi 40% sedangkan perpanjangan terendah diperoleh dari kondisi operasi ulir dengan waktu putar 6 menit dan komposisi 0%. Hasil analisis ragam menunjukkan waktu putar dan komposisi berpengaruh sangat nyata terhadap nilai perpanjangan *edible film* ($p < 0,05$), akan tetapi interaksi diantara kedua parameter tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$).

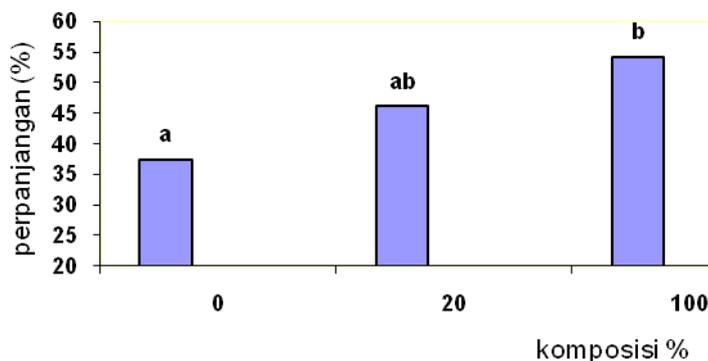
Secara umum peningkatan waktu putar dapat menurunkan nilai perpanjangan (**Gambar 5**). Menurut Domingues *et al* (2007) peningkatan waktu putar meningkatkan waktu tinggal bahan didalam ulir dan meningkatkan waktu kontak bahan dengan gaya geser. Hal tersebut dapat menurunkan ukuran agregat protein yang terbentuk dan berperan terhadap nilai perpanjangan.

Nilai perpanjangan *edible film* akan meningkat seiring dengan meningkatnya komposisi (**Gambar 6**). Peningkatan jumlah protein berpengaruh terhadap nilai perpanjangan. Umumnya pada pembuatan *edible film* tanpa pengadukan ekstruder, penambahan protein justru menurunkan kekuatan tarik. Akan tetapi dengan adanya gaya geser yang ditimbulkan ulir ekstruder, hal tersebut mengakibatkan peningkatan elastisitasnya. Protein adalah fluida non newtonian yang apabila dikenai gaya geser dapat meningkatkan elastisitasnya.



Gambar 5. Nilai perpanjangan sebagai pengaruh waktu putar ulir

Proses ekstrusi juga meliputi penyebaran plastisizer di dalam sistem adonan. Plastisizer memiliki banyak fungsi/peran di dalam proses ekstrusi termoplastik diantaranya sebagai *lubricant*, plastisizer dan zat pereaksi, menurunkan suhu transisi gelas dan memastikan pelelehan adonan serta mengurangi viskositas (Chen *et al.*, 2010). Selain itu gugus hidroksil dari gliserol dapat berinteraksi dengan amino dan gugus asam dalam protein, sehingga hal tersebut menurunkan interaksi inter dan intramolekul antara rantai protein, seperti ikatan hidrogen, dan hal tersebut meningkatkan kemampuan gerak dari makromolekul protein, yang menghasilkan fleksibilitas dari bahan (Guerrero *et al.*, 2010).



Gambar 6. Nilai perpanjangan sebagai komposisi.

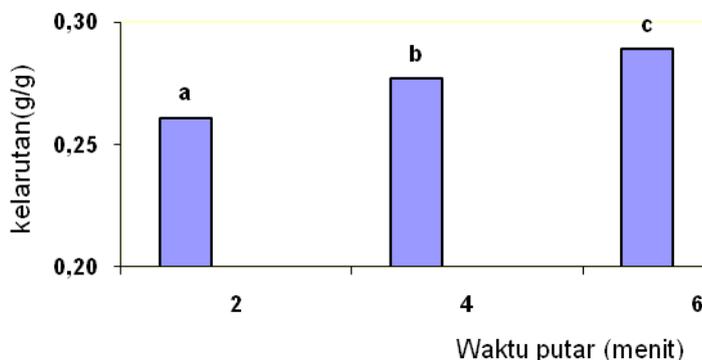
Bourtoom (2007), melakukan penelitian pengaruh suhu dan waktu pemanasan terhadap perpanjangan *edible film* berbahan dasar pati. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum peningkatan suhu dan waktu pemanasan dapat menurunkan perpanjangan. Pada penelitian ini peningkatan waktu putar dapat meningkatkan *specific mechanical energy* yang berarti dapat meningkatkan panas yang diterima bahan sehingga dapat menurunkan perpanjangan *edible film* yang dihasilkan, umumnya pemanasan dapat mengurangi perpanjangan *edible film* karena adanya agregasi dan ikatan silang melalui ikatan hidrofobik dan disulfid antara molekul protein.

Kelarutan *edible film*

Kelarutan dalam air merupakan karakter penting untuk *edible film*. Beberapa aplikasi *edible film* membutuhkan *film* yang tidak larut air. Kelarutan *edible film* dalam air dipengaruhi oleh kondisi pembuatan *edible film* (Bourtoom, 2007).

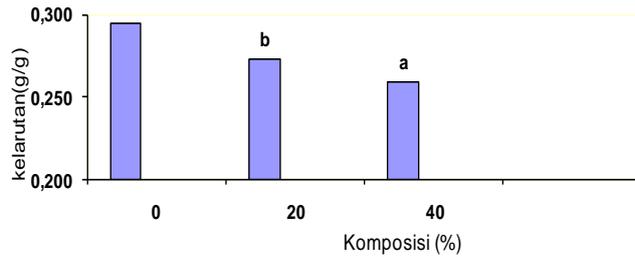
Rerata hasil pengukuran kelarutan *edible film* berkisar antara 0,303 dan 0,243 (%). Nilai kelarutan tertinggi diperoleh pada kondisi operasi ulir dengan waktu putar 6 menit dan komposisi 0%, sedangkan nilai kelarutan terendah diperoleh dari kondisi operasi ulir dengan waktu putar 2 menit dan komposisi 0%. Hasil analisis ragam menunjukkan waktu putar dan komposisi berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai kelarutan *edible film* akan tetapi interaksi diantara kedua parameter tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$).

Gambar 7 menunjukkan bahwa peningkatan waktu putar dapat meningkatkan kelarutan *edible film* yang terbentuk. Hal ini disebabkan karena dengan semakin meningkatnya waktu putar, semakin meningkatkan kontak adonan dengan gaya geser. Peningkatan kontak dengan gaya geser tersebut dapat meningkatkan jumlah granula yang pecah, hal tersebut akan menghasilkan film yang mudah menyerap air dan hancur jika direndam dalam air.



Gambar 7. Nilai kelarutan *edible film* sebagai pengaruh waktu putar ulir

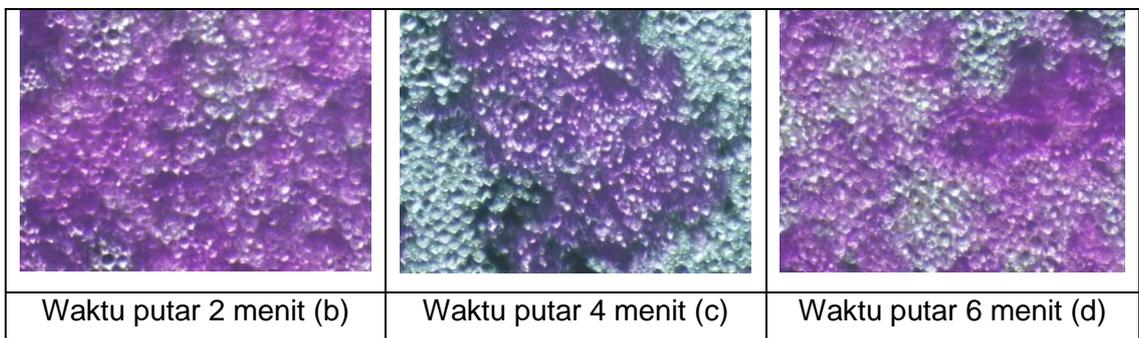
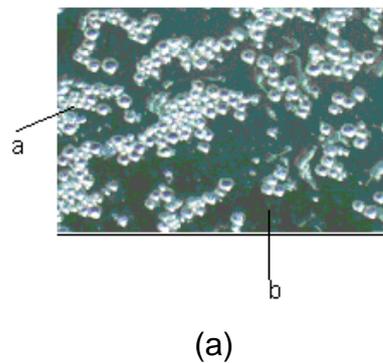
Gambar 8 menunjukkan bahwa peningkatan komposisi dapat menurunkan kelarutan *edible film* yang terbentuk. Hal ini disebabkan karena dengan semakin banyak protein yang ditambahkan semakin banyak serat-serat yang terbentuk memperkuat matrik *edible film*. Hal tersebut diduga berperan terhadap penurunan nilai kelarutan.



Gambar 8. Nilai kelarutan *edible film* sebagai pengaruh komposisi

Foto adonan dengan pewarnaan protein

Foto pada tahapan ini dilakukan dengan mikroskop DIC pada perbesaran 200 x dimana sebelumnya protein diwarnai dengan menggunakan pewarna Rhodamin dan hasil pengamatan disajikan pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Hasil pengamatan dengan menggunakan mikroskop DIC pada perbesaran 200 x dengan pewarnaan rodhamin.

(Gambar (a): pada komposisi 0% protein dimana a adalah granula pati dan b adalah air; Gambar (b): pada komposisi 20% protein dan waktu putar 2 menit, warna lembayung menunjukkan network protein; Gambar (c): pada komposisi 20% protein dan waktu putar 4 menit, warna lembayung menunjukkan network protein; Gambar (d): pada komposisi 20% protein dan waktu putar 6 menit, warna lembayung menunjukkan network protein)

Gambar 9 menunjukkan bahwa peningkatan waktu putar mengakibatkan penurunan ukuran agregat matrik protein yang ditunjukkan

dengan makin kecilnya ukuran gumpalan warna violet. Rhodamin adalah zat warna yang dapat terikat dengan protein, sehingga gumpalan warna violet menggambarkan network protein-protein yang berupa agregat.

Analisa Gugus Fungsi dengan Menggunakan FTIR

FTIR merupakan alat yang sangat berguna untuk mempelajari struktur polimer (Yu *et al.*, 2006). Analisis gugus fungsi dilakukan dengan FTIR terhadap ISP, pati tapioka dan adonan *edible film* yang telah diaduk dengan ekstruder pada variasi waktu putar

Analisis Gugus Fungsi Isolat Protein Kedelai.

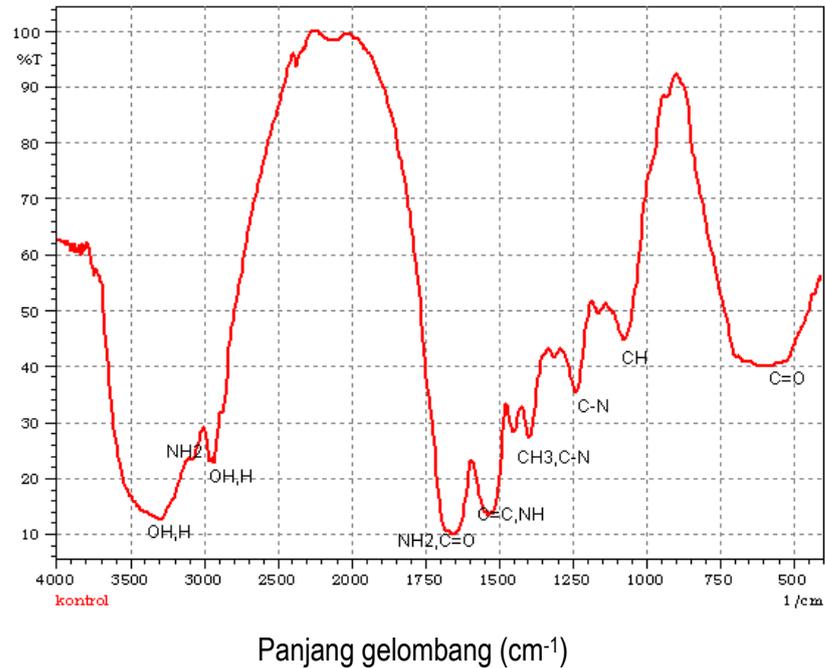
Hasil analisis gugus fungsi ISP disajikan pada **Tabel 2**

Tabel 2. Analisis Gugus Fungsi Isolat Protein Kedelai

No.	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Jenis Vibrasi
1.	607,54	C=O kel bid. <i>bend</i>
2.	1074,28	CH bend kel.bid. deform
3.	1238,21	C-N stretch
4.	1396,37	CH ₃ bend. Sym; C-N stretch
5.	1450,37	CH ₃ bend antisym; CH ₂ bend; ring aromatic stretch
6.	1521,73	Ring aromatic stretch; C=C stretch; NH bend
7.	1652,88	C=C stretch; NH ₂ bend; ring aromatic stretch, C=O stretch
8.	2929,67	CH stretch dalam C-CH ₃ ; CH stretch; OH stretch dan H bonded
9.	3078,18	OH stretch; NH ₂ stretch
10	3298,05	OH stretch; H bonded

Spektrum infra merah ISP pada penelitian ini disajikan pada **Gambar 10**. Menurut Lodha dan Netravali (2005) serta Schmidt *et al* (2005), puncak absorpsi utama untuk ISP ditunjukkan pada 1630 cm⁻¹ yang menunjukkan vibrasi regangan C=O (gugus amide I), vibrasi lentur N-H pada 1530 cm⁻¹ (gugus amide II) dan vibrasi regangan C-N pada 1230 cm⁻¹ (gugus Amide III). Menurut Karnnet *et al* (2005), pita serapan yang lebar ditunjukkan pada daerah 3000 – 3500 cm⁻¹ merupakan daerah untuk ikatan O-H dan gugus N-H, yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan gugus karbonil.

Pada penelitian ini vibrasi regangan C=O nampak pada 1652,88 cm^{-1} dan vibrasi lentur NH nampak pada 1521, 73 cm^{-1} , vibrasi regangan C-N nampak pada 1238,21. Spektrum antara 3500 – 3000 cm^{-1} nampak pada 3078,18 cm^{-1} dan 3298,05 cm^{-1} . Hasil ini menunjukkan bahwa spektrum FTIR pada penelitian ini sesuai dengan penelitian terdahulu mengenai spektrum ISP.



Gambar 10. Spektra FTIR dari tepung IPK bahan dasar *edible film*.

Analisis Gugus Fungsi Pati Tapioka

Hasil analisis gugus fungsi pati tapioka disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Analisa gugus fungsi pati tapioka.

No.	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Jenis Vibrasi
1.	576,68	C-C=O <i>bend</i>
2.	765,69	C=C <i>kel bid. bend</i>
3.	860,19	CH <i>bend kel bid</i>
4.	929,63	C-C <i>stretch</i>
5.	1014,49	C-O-C <i>stretch</i>
6.	1081,99	C-OH <i>stretch</i>
7.	1157,21	C-OH <i>stretch</i>
8.	1242,07	C-O-C <i>stretch</i>
9.	1340,43	CH ₃ <i>bend</i>
10.	1365,51	CH ₃ <i>bend</i>

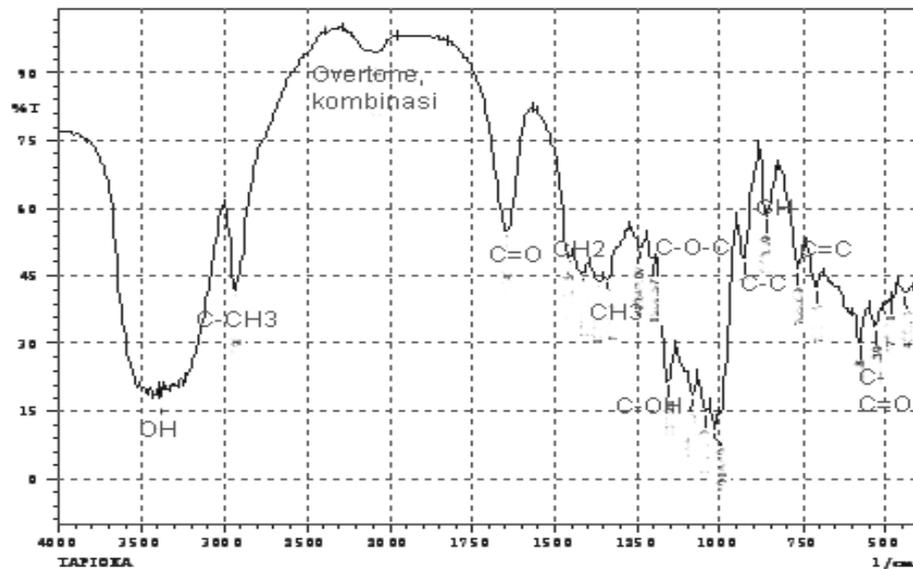
11.	1417,58	CH ₂ <i>bend</i>
12.	1456,16	CH ₂ <i>bend</i>
13.	1643,24	C=O <i>stretch</i>
14.	2084,91	<i>Overtone – kombinasi</i>
11.	2931,6	CH <i>stretch</i> dalam C-CH ₃
12.	3382,91	OH <i>stretch</i>

Ramamurthy dan Kannan (2007) melakukan penelitian terhadap kandungan bahan pada daun dengan menggunakan FTIR. Pada penelitian itu pita serapan pada daerah 1100-1000 cm⁻¹ di daerah *fingerprint* merupakan pita CH atau vibrasi regangan CO atau C-C yang mencirikan karbohidrat. Puncak pada 1032 cm⁻¹ dan 1039 cm⁻¹ pada spektrum FTIR menunjukkan adanya kandungan pati pada daun. Puncak pada daerah 770 – 922 cm⁻¹ juga menunjukkan ciri karbohidrat.

Penelitian Gunawan dkk (2007) pada spektrum pati tapioka menunjukkan adanya pita serapan pada 3138 cm⁻¹ hingga 3120 cm⁻¹ merupakan vibrasi regangan OH. Adanya pita serapan pada bilangan gelombang 1344,38 cm⁻¹ hingga 1332,81 cm⁻¹ yang merupakan vibrasi lentur OH. Adanya gugus CH pada tapioka ditunjukkan dengan terdapatnya pita serapan pada bilangan gelombang 2937 cm⁻¹ hingga 2889,37 cm⁻¹ yang merupakan vibrasi regangan C-H alifatik dari CH dan CH₂. Selain itu serapan juga terdapat pada 1151,50 cm⁻¹ hingga 1076,28 cm⁻¹ yang merupakan vibrasi regangan C-O dan vibrasi regangan C-O dari C-OH.

Menurut Huang *et al* (2006) spektrum dibawah 800 cm⁻¹ menunjukkan pola fibrasi yang kompleks merupakan vibrasi dari cincin piranose dari unit glukosa. Daerah *fingerprint* untuk pati pada daerah 800cm⁻¹ hingga 1500 cm⁻¹. Puncak sekitar 1080 cm⁻¹ hingga 1158 cm⁻¹ merupakan karakter dari ikatan C-O-H. Sedangkan puncak antara 990 dan 1030 cm⁻¹ mencirikan regangan cincin anhidroglukosa.

Spektrum infra merah pati tapioka pada penelitian ini disajikan pada **Gambar 11**. menunjukkan adanya spektrum yang kompleks pada daerah dibawah 800 cm⁻¹. Muncul beberapa puncak pada daerah *fingerprint* pati (800cm⁻¹ hingga 1500 cm⁻¹). Terdapat pergeseran beberapa titik puncak jika dibandingkan Gunawan dkk (2008). Akan tetapi bentuk spektrum dari pati tapioka pada penelitian ini sesuai dengan penelitian-penelitian sebelumnya.



Panjang gelombang (cm⁻¹)

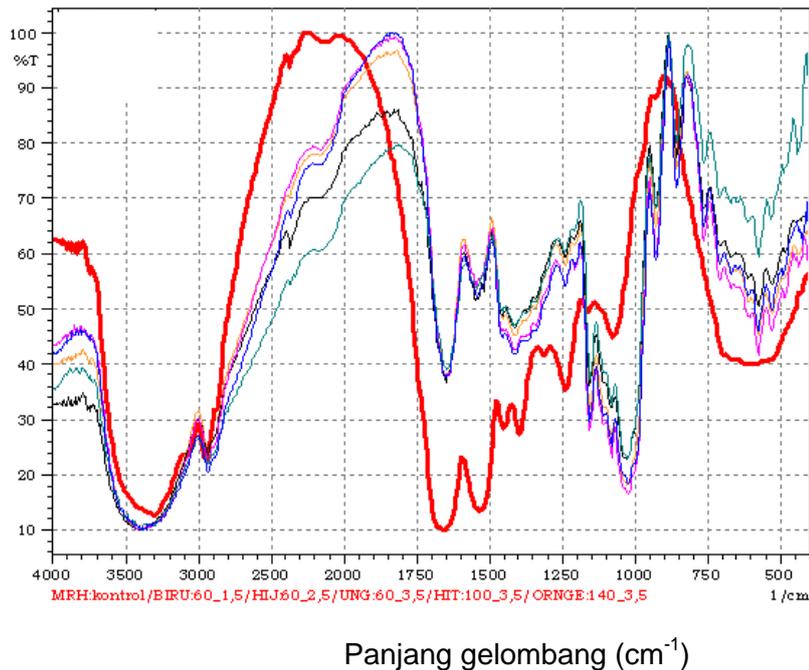
Gambar 11. Spektra FTIR dari tepung tapioka bahan dasar *edible film*

Analisis Gugus Fungsi Adonan Setelah Pengadukan Ekstruder pada Berbagai Komposisi dan Waktu Putar Ulir

Spektrum FTIR adonan setelah diaduk pada berbagai komposisi IPK dan kecepatan putar ulir disajikan pada **Gambar 12**. Gambar tersebut menunjukkan bahwa diantara lima perlakuan yang diamati tidak terlihat adanya perbedaan bentuk spektrum yang terlalu mencolok. Hal tersebut menunjukkan struktur molekul lima adonan yang diamati tidak berbeda sehingga perbedaan perlakuan komposisi dan CR ulir tidak mengakibatkan perubahan struktur molekul adonan.

Spektrum FTIR adonan (**Gambar 12**) lebih menyerupai spektrum pati tapioka. Pita serapan pada panjang gelombang 3078,18 cm⁻¹ yang merupakan ciri khas protein (vibrasi regangan OH; NH₂ stretch) tidak terlihat pada spektra adonan. Perbedaan yang mencolok diantara spektra FTIR adonan dengan FTIR tapioka yaitu munculnya *band* pada daerah panjang gelombang 1544,88 cm⁻¹ yang merupakan *band* ring aromatik *stretch*; C=C *stretch*; NH *bend* yang merupakan ciri khas protein, dimana menurut Lodha dan Netravali (2005) serta Schmidt *et al* (2005), salah satu ciri khas spektra IPK adalah munculnya *band* pada panjang gelombang sekitar 1540 cm⁻¹ yang merupakan band NH *bend*.

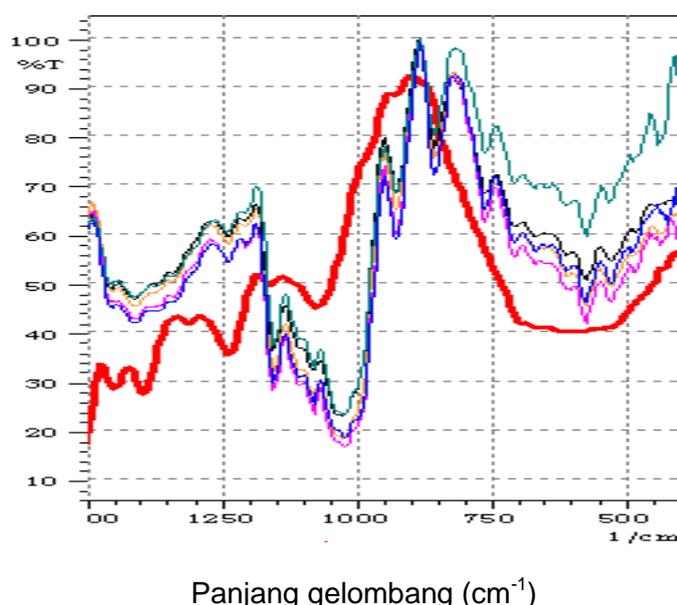
Terlihat adanya *band* pada panjang gelombang 1647,10 cm^{-1} . Menurut Zhang *et al* (2001) pita pada panjang gelombang 1647 cm^{-1} menunjukkan adanya molekul air. Pada penelitian ini, adonan dibuat dengan penambahan air 70% b/v dan gliserol 20% b/v. Selain itu terlihat adanya sedikit perbedaan bentuk spektrum infra merah kelima jenis adonan terutama kurang dari 800 cm^{-1} , 900 cm^{-1} hingga 1500 cm^{-1} dan daerah 1750 hingga 3000 cm^{-1} . Hal tersebut diperjelas pada **Gambar 12** dan **13**.



Gambar 12. Spektra FTIR adonan bahan dasar *edible film* setelah diaduk dengan ulir ekstruder pada berbagai perlakuan (keterangan: merah: IPK; biru: 0%: 2 menit; hijau: 20%: 2 menit; ungu: 40%: 2 menit; Hitam: 40%: 4 menit dan pink: 40%: 6 menit).

Gambar 12. menunjukkan perbedaan bentuk spektrum warna hijau yang merupakan spektrum FTIR adonan yang disiapkan dengan ulir pada komposisi 40% dan kecepatan putar 4 menit. Perbedaan terlihat pada bentuk puncak pada daerah 990 hingga 1024 cm^{-1} . Perbedaan tersebut berupa distorsi. Distorsi tidak menggeser posisi *peak* akan tetapi simetri dari puncak berubah. Menurut Turhan *et al.* (2001) distorsi simetri *band* menunjukkan adanya perubahan dinamika ikatan hidrogen diantara komponen bahan. Menurut Huang *et al.* (2005) puncak antara 990 – 1030 cm^{-1} merupakan regangan O-C dari cicin anhidroglukosa, Hal tersebut menunjukkan perbedaan stabilitas dan intensitas ikatan hidrogen.

Menurut Guerrero (2010) spektrum serapan gliserol pada daerah panjang gelombang 800 – 1150 cm^{-1} yang ditunjukkan puncak 850, 925 dan 995 cm^{-1} yang mencirikan ikatan C-C. Puncak pada 1045 cm^{-1} yang merupakan C-O *stretch* pada C1 dan C3 serta puncak pada 1117 cm^{-1} yang merupakan daerah C-O *stretch* pada C2. Spektrum FTIR pati menunjukkan puncak pada 1014,49 cm^{-1} yang merupakan C-O-C stretch. Sehingga puncak pada daerah 990 hingga 1030 cm^{-1} diduga menggambarkan interaksi antara pati dan gliserol.



Gambar 13. Potongan spektra FTIR pada panjang gelombang 500 – 1500 cm^{-1} dari adonan bahan dasar *edible film* setelah diaduk dengan ulir ekstruder pada berbagai perlakuan (keterangan: merah: IPK; biru: 0% : kecepatan putar 2 menit; hijau : 20%: kecepatan putar 2 menit; ungu: 40% : kecepatan putar 2 menit; Hitam : 40% : kecepatan putar 4 menit dan pink: 40% : kecepatan putar 6 menit).

Menurut Turhan *et al* (2001), semakin kecil distorsi maka semakin kecil dinamika ikatan hidrogen diantara komponen bahan. Diduga pada perlakuan komposisi 0% dan waktu putar 4 menit, interaksi gliserol dengan molekul pati tidak sebesar pada perlakuan yang lain. Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena terjadi interaksi antara molekul karbohidrat dan protein sehingga menurunkan interaksi gliserol

Simpulan Akhir dari Hasil Penelitian.

Hingga tahapan ini maka dapat diambil kesimpulan, sementara yaitu:

1. Waktu pengadukan dan komposisi berpengaruh terhadap WHC dan laju pengendapan pellet, bahan dasar *edible film*, demikian pula interaksi diantara kedua parameter.
2. Waktu pengadukan dan komposisi berpengaruh terhadap kekuatan tarik, perpanjangan dan kelarutan *edible film* akan tetapi interaksi diantara kedua parameter tersebut tidak berpengaruh nyata.
3. Peningkatan waktu putar mengakibatkan agregat protein yang terbentuk semakin kecil karena terlalu lama bersentuhan dengan gaya geser.
4. Hasil pengamatan dengan FTIR menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan bentuk spektrum karena perlakuan. Perbedaan bentuk spektrum ditunjukkan perlakuan komposisi 40% dan waktu putar 4 menit pada daerah kurang dari 800 cm^{-1} yang merupakan daerah vibrasi cincin piranosa dari glukosa, daerah $900 - 1500\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan perbedaan stabilitas dan intensitas ikatan hidrogen, dan daerah $1750 - 2500\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan daerah overtone dan kombinasi. Oleh karena itu, diduga interaksi karbohidrat-protein pada penelitian ini bukan merupakan terbentuknya ikatan yang permanen akan tetapi berupa interaksi *repulsive* karena pembengkakan volume.

Key word: Ekstrusi, pellet, *edible film*, Rhodamin, *Fourier Transform Infra Red*.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of Cereal Chemist (AACC) Technical Committee, 1981. Water Holding Capacity. **Cereal Foods World**, **26**: 291.
- Bourtoom, T., 2007. **Effect of Some Process Parameters on the Properties of Edible Film Prepared from Starches**. Department of Material Product Technology, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112. *Maisstaerken und Ermittlung von struktureigenschaftenbeziehungen* (PhD dissertation). Berlin: Technischen Univ. Berlin.
- Chang, Y.P., P.B. Cheah and C.C. Seow, 2000. Plasticising-antiplasticising effect of water on physical properties of tapioca starch films in the glassy state. **J. Food Sci.**, **65** (3):445-451
- Chen, F.L., Y.M. Wei, B. Zhang and A.O. Ojokoh, 2010. System parameters and product properties response of soybean protein extruded at wide moisture range. **Journal of Food Engineering**, **96** (2), 208–213.
- Dahle, L.K., 1971. Wheat protein-starch interaction. I. Some starch binding effect of wheat flour. **Cereal Chem.**, **48**: 706 – 715.

- De Kruif, C.G. and R. Tuinier, 2001. Polysaccharide protein interactions. **Food Hydrocolloids 15: 555-563.**
- Domingues, N., A. Gaspar-Cunha and J.A. Covas, 2007. Computational and Experimental Study of Mixing in a Single Screw Extruder. **Proc. 10th ESAFORM, Conference on Material Forming, eds, American Institute of Physics, : 867-872.**
- Fellows, P., 1988. **Food Processing Technology. Principles and Practice.** Ellis Horwood
- Gontard, N., S. Guilbert and J.L. Cuq, 1992. Edible wheat gluten films: Influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. **J. Food Sci., 57: 190 – 195.**
- Guerrero, P., A. Retegi, N. Gabilondo and K. de la Caba, 2010. Mechanical and thermal properties of soy protein films processed by casting and compression. **J. of Food Engineering, 30 (3) : 31 – 37.**
- Guilbert, S. and J. Graile, 1994. Biomate^{riaux} et mole^{cules} fonctionnelles. Paper presented at 1st Colloque National Sur les Valorisations Non Alimentaires Des Grandes Productions Agriles, Nantes.
- Gunawan, Deswita, K.K. Aloma dan Sudirman, 2007. Sintesis dan Karakterisasi Komposit *High Density Polyethelene* pati tapioka. **Indonesia Journal of Material Science, edisi khusus: 5 – 8**
- Hermanson, A.M., 1978. Physico-chemical aspects of soy proteins structure formation. **J. of Texture Studies, 9 (1-2): 33 – 58**
- Huang, C.B., R. Jeng, M. Sain, B.A. Saville and M. Hubbes, 2005. Production, characterization and mechanical properties of starch modified by ophiostoma spp. **BioResources, (12): 257 – 269.**
- Krochta, J.M., E.A. Baldwin and M.O. Nisperos-Carriedo, 1994. **Edible Coatings and Film to Improve Food Quality.** Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster. Bassel.
- Lindriati, T., 2011. **Pengembangan Teknologi Pembuatan *Edible Film* dengan Ekstruder Ulir Tunggal Sebagai Unit Pengaduk dan *Compression Molding* Sebagai Unit Pencetak.** Disertasi.
- Lodha, P. and A.N. Netravali, 2005. Thermal and mechanical properties of environment – friendly 'green' plastics from stearic acid modified-soy protein isolate. **Industrial Crops and Product, 21 (1), 49 – 64.**
- Ning, L and R. Villota, 1994. Influence of 7S and 11S globulins on the extrusion performance of soy protein concentrates. **J. Food Proc. Preserv., 18:421-436.**
- Noguchi, A., 1989. Extrusion cooking of high-moisture protein foods. In C. Mercier, P. Linko, and J.M. Harper (eds.). **Extrusion cooking.** American Association of Cereal Chemists: St. Paul, Minnesota.
- Radiyah, T. dan W.M. Agosto, 1990. **Tepung tapioka.** BPTTG Puslitbang Fisika Terapan- LIPI, 10 – 13.
- Ramamurthy, N. and S. Kannan, 2007. Fourier Transform Infrared Spectroscopic Analysis of Plant (*Calotropis Gigantea L*) from an

Industrial Village, Cuddalore Dt, Tamilnadu, India. **Romanian J. Biophys.**, **17 (4): 269 -276.**

Schmidt, V., C. Giacomelli and V. Soldi, 2005. Thermal stability of films formed by soy protein isolate-sodium dodecyl sulphate. **Polymer Degradation and Stability**, **87 (1): 25 – 31.**

Turhan, K.N., F. Sahbaz and A. Guner, 2001. A Spectrophotometric study of hydrogen bonding in Methylcellulose-based edible films plasticized by polyethylene glycol. **J. Food Sci.**, **66 (1): 59-62.**

Yu, L., 2009. Natural polymers blends and composites in : Biodegradable Polymer Blends and composites in: Biodegradable Polymer Blends and composite film Renewable Resource. Elsevier Oxford UK.

Zhang, J., P. Mungara and J. Jane, 2001. Mechanical and thermal properties of extruded soy protein sheets. **Polymer**, **42: 2569 – 2578.**