

PENGEMBANGAN PROSES COMPRESSION MOLDING DALAM PEMBUATAN EDIBLE FILM DARI TEPUNG KORO PEDANG (*Canavalia ensiformis* L.)

[Development of Compression Molding Process for Edible Films Production from *Canavalia ensiformis* (L.) Flour]

Triana Lindriati^{1)*}, dan Hari Arbiantara²⁾

¹⁾ Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Jember

²⁾ Teknik Mesin, Universitas Jember

Diterima 15 Februari 2010 / Disetujui 15 April 2010

ABSTRACT

Edible Films based on Canavalia Ensiformis flour could be made using compression molding process. This research was to investigate temperature (120°C, 130°C, 140°C) and pressure (0.845 Mpa, 1.690 Mpa, 2.540 Mpa) effect on the properties of the film. The compression-molding pressure significantly affected the film's thickness, lightness, tensile strength, elongation and Water Vapor Transmission Rate (WVTR). Meanwhile molding temperature only affected film's elongation (P<0.05) over the range of conditions studied. Increase in compaction pressure resulted in decreased thickness, tensile strength, elongation with increase in lightness (L) and WVTR. Increasing the molding temperature decreased elongation. Flexible, light-yellow edible films could be produced at a processing temperature of 140°C and compaction pressure of 0.845 Mpa. The films thickness was 0.302 mm; lightness (L*) was 68.557, tensile strength was 4.091 Mpa, elongation was 37.547 % and WVTR was 0.001 mg/m².det.*

Keywords: edible film, *Canavalia ensiformis* flour, compression molding

PENDAHULUAN

Selain masalah lingkungan, aspek keamanan polimer sintesis sebagai kemasan pangan mulai dipertanyakan, karena dalam keadaan panas, beberapa bahan penyusun plastik terurai dan berpindah ke makanan. Oleh karena itu, plastik yang *biodegradable* dan aman untuk kemasan pangan perlu dikembangkan. Salah satu teknologi yang sedang dikembangkan untuk mengatasi masalah tersebut adalah *edible film*. *Edible film* merupakan pelapis/film yang tidak hanya *biodegradable* tetapi juga aman untuk dikonsumsi, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengemas sekunder.

Tepung koro pedang dapat dijadikan bahan dasar *edible film*. *Film* yang dihasilkan memiliki sifat fisik dan mekanik yang memadai, yaitu: ketebalan 0,122 mm; kekuatan tarik 1,855 MPa; kecepatan transfer uap air (WVTR) 0,00578 gr/m².det dan perpanjangan 25,120% (Lindriati *et al.*, 2008). *Edible film* dari tepung koro pedang memiliki sifat fisik dan mekanik yang lebih baik dibandingkan dari isolat proteinnya (Lindriati *et al.*, 2007).

Pembuatan *edible film* dari tepung koro pedang yang terdahulu dilakukan dengan metode *solvent casting* (Lindriati *et al.*, 2007; Lindriati *et al.*, 2008). Pengaplikasian metode proses thermal seperti *compression molding* belum pernah dilakukan. Kelebihan proses *compression molding* dibandingkan dengan proses *solvent casting* adalah prosesnya membutuhkan lebih sedikit ruang dan waktu, sehingga dapat meningkatkan potensi

komersialnya karena prosesnya lebih efisien dan kontinyu (Sothornvit *et al.*, 2003).

Kondisi proses mempengaruhi modifikasi fisik dan kimia yang terjadi selama pemrosesan termoplastik dari protein. Kombinasi suhu tinggi, tekanan tinggi dan waktu yang pendek serta kandungan kelembaban yang rendah dalam *compression molding* menyebabkan transformasi dari campuran protein-plastisizer menjadi *viscoelastic melts* (Moraru dan Kokini, 2003). Kompresi umumnya dilakukan pada kisaran suhu 104°C hingga 160°C; tekanan 0,81 MPa hingga 10 MPa dan waktu kompresi antara 2 hingga 4 menit (Cunningham *et al.*, 2000; Sothornvit *et al.*, 2003; Pommet *et al.*, 2005).

Penelitian ini mengkombinasikan suhu dan tekanan kompresi untuk menghasilkan *edible film* yang transparan dan memiliki sifat mekanik yang baik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari kemungkinan pembuatan *edible film* dari tepung koro pedang dengan menggunakan *compression molding* serta mempelajari pengaruh suhu dan tekanan kompresi pada sifat fisik dan mekanik *edible film* dari tepung koro pedang yang dibuat dengan proses *compression molding*.

METODOLOGI

Bahan dan alat

Bahan dasar dari penelitian ini adalah koro pedang yang sudah tua dan kering yang dikumpulkan dari Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur. Selain itu digunakan CMC, gliserol dan aquades sebagai bahan tambahan. Penelitian diawali dengan pembuatan tepung koro pedang.

*Korespondensi Penulis :
Email : lindriatitriana@yahoo.com

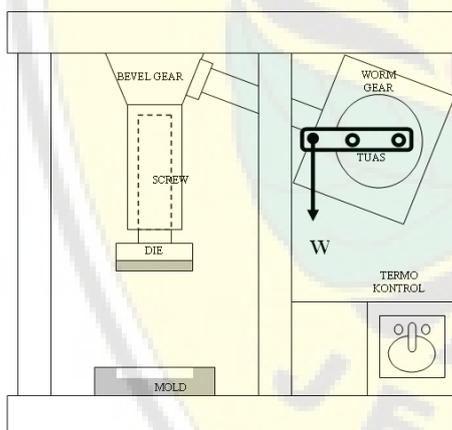
Tepung koro pedang dibuat dengan cara seperti penelitian sebelumnya (Lindriati *et al.*, 2007), tepung yang dihasilkan dilakukan analisa proksimat (Sudarmadji, *et al.*, 1976). Hasil analisa proksimat disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi tepung koro pedang

Penyusun	Kandungan (%)*
Air	9,20 ± 0,15
Protein	27,24 ± 1,37
Lemak	4,32 ± 0,33
Karbohidrat	56,74 ± 1,05
Abu	2,50 ± 0,22

Keterangan : *Merupakan rerata dari dua kali pengukuran ± standar deviasi

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi: *Universal Testing Machine* (Shimadzu), *colour reader* (CR-10 Minolta), mikrometer (Digimiro ME 50HA), oven pengering, desikator, ayakan tyler 200 mesh, timbangan analitik (Ohaus), plat logam berlapis teflon (ukuran 10 cm x 10 cm). Pembuatan edible film dilakukan dengan menggunakan mesin *compression molding* dengan desain seperti pada Gambar 1. *Compression molding* seperti pada Gambar 1 terdiri atas mesin press berulir, *gear box* (yang sudah dimodifikasi) dan termokontrol. Ukuran cetakan (*mold*) adalah 10 x 10 dan dilapisi lembaran *stainless steel*. Besarnya tekanan dapat diatur dengan mengatur berat beban. Suhu diatur dengan menggunakan termokontrol.



Gambar 1. Desain mesin *compression molding*

Pembuatan edible film dari tepung koro pedang dengan proses *compression molding*

Pembuatan *edible film* diawali dengan pembuatan adonan *film* yang terdiri dari tepung koro pedang : CMC adalah 4 : 1, gliserol 30% (b/b adonan) dan aquades 60% v/b (adonan). Adonan diaduk dengan mortar selama 30 menit untuk kemudian ditimbang 10 mg dan diletakkan didalam kantong *polypropylene* kemudian disimpan (*aging*) pada suhu 4°C selama 24 jam. 10 mg adonan diletakkan diantara dua plat logam berlapis teflon (10 x 10 cm) untuk kemudian dikompresi dengan variasi suhu (120°C; 130°C; 140°C) dan tekanan (0,845; 1,690; 2,540 Mpa). *Film* yang dihasilkan disimpan dalam desikator untuk kemudian diukur ketebalan (Mikrometer Digimiro, Sothornvit, 2003); warna/derajat kecerahan (*color reader* CR-10, Rhim *et al.*,

1999); kekuatan tarik dan perpanjangan (menurut standart ASTM D638-94, ASTM, 1995) dan laju transmisi uap air / *Water Vapor Transmission Rate* (WVTR) (metode *Gravimetric Dessicant* ASTM E96-92, Mc Hugh *et al.*, 1993) dimana pengukuran dilakukan dengan tiga kali pengulangan.

Rancangan percobaan

Pengaruh suhu dan tekanan kompresi terhadap parameter penelitian dapat dipelajari dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok 2 faktor. Data yang diperoleh kemudian dianalisa dengan menggunakan analisis ragam dan uji lanjut dengan menggunakan uji Tukey dengan tingkat kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan parameter fisik dan mekanik *edibel film* dari tepung koro pedang yang dibuat menggunakan metode *compression molding* dengan variasi suhu dan tekanan operasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengamatan parameter fisik dan mekanik *edibel film* dari tepung koro pedang dengan variasi suhu dan tekanan kompresi.

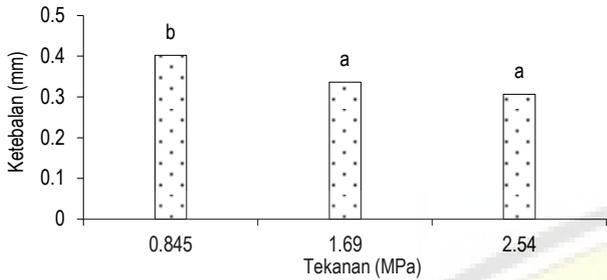
Variasi suhu (°C); tekanan (MPa) Proses molding	Parameter Fisik dan Mekanik				
	Tebal (mm)	Derajat kecerahan (L*)	Kekuatan tarik (MPa)	Perpanjangan (%)	WVTR (gr/m ² .d et)
120 ; 0,845	0,404	64,613	3,468	46,610	0,002
120 ; 1,690	0,348	68,223	3,414	44,417	0,003
120 ; 2,540	0,308	68,463	2,965	35,437	0,003
130 ; 0,845	0,401	64,143	3,428	43,233	0,002
130 ; 1,690	0,364	67,897	3,543	39,720	0,003
130 ; 2,540	0,339	68,367	2,683	36,910	0,004
140 ; 0,845	0,302	68,557	4,091	37,547	0,001
140 ; 1,690	0,296	69,920	3,138	32,223	0,003
140 ; 2,540	0,272	69,457	2,056	27,167	0,003

Ketebalan

Hasil pengukuran ketebalan *edibel film* dari tepung koro pedang dengan variasi suhu dan tekanan kompresi adalah berkisar dari 0,272 – 0,404 mm (Tabel 2). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa suhu tidak berpengaruh terhadap ketebalan *edible film* akan tetapi tekanan berpengaruh dan tidak ada interaksi diantara kedua parameter. Nilai ketebalan paling besar diperoleh pada variasi suhu 120°C dan tekanan 0,845 MPa, sedangkan nilai ketebalan paling rendah diperoleh pada variasi suhu 140°C dan tekanan 2,540 MPa.

Naiknya tekanan akan menurunkan nilai ketebalan karena makin besar gaya tekan yang mengenai bahan *edible film*, *film* yang dihasilkan semakin tipis. Pengaruh tekanan terhadap ketebalan *edible film* dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai ketebalan *edible film* yang dibuat dengan proses *compression molding* lebih besar dari pada yang dibuat dengan proses *solvent casting*. Rata-rata nilai ketebalan *edible film* dari tepung koro pedang yang dibuat dengan proses *solvent casting* adalah

0,122 mm (Lindriati, 2008). Menurut Sothornvit *et al.*, (2003) dengan menggunakan metode *compression molding* memang sulit menghasilkan *film* yang tipis.



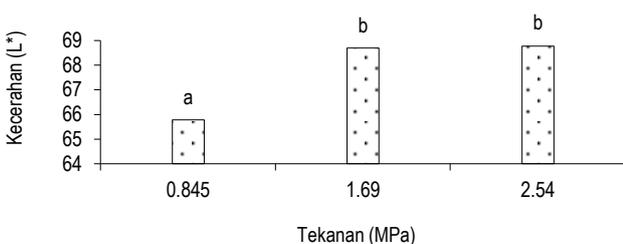
Gambar 2. Nilai ketebalan *edible film* sebagai pengaruh tekanan (MPa) pada proses *compression molding*.

Derajat kecerahan (L*)

Hasil pengukuran derajat kecerahan (L*) *edible film* dari tepung koro pedang dengan variasi suhu dan tekanan kompresi adalah 64,143 – 69,920 (Tabel 2). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa suhu tidak berpengaruh terhadap derajat kecerahan *edible film* akan tetapi tekanan berpengaruh dan tidak ada interaksi diantara kedua parameter. Nilai derajat kecerahan paling besar diperoleh pada variasi suhu 140°C dan tekanan 1.690 MPa, sedangkan nilai derajat kecerahan paling rendah diperoleh pada variasi suhu 130°C dan tekanan 0,845 MPa.

Naiknya tekanan akan menaikkan nilai kecerahan (L*). Hal ini disebabkan karena dengan naiknya tekanan, *film* yang dihasilkan semakin tipis yang mengakibatkan *film* makin transparan. Hal tersebut mengakibatkan peningkatan nilai pembacaan kecerahan (L*) pada *colour reader*. Pengaruh tekanan terhadap derajat kecerahan (L*) *edible film* dapat dilihat pada Gambar 3.

Nilai derajat kecerahan *edible film* dari tepung koro pedang yang dibuat dengan proses *solvent casting* adalah 67,187 (Lindriati, 2008). Guerrero *et al* (2010) melakukan analisa *thermo-gravimetric* terhadap *edible film* dari isolat protein kedelai yang dibuat dengan proses *compression molding*, hasil penelitian menunjukkan bahwa degradasi protein kedelai terjadi diatas suhu 180°C. Degradasi protein akan menghasilkan *edible film* dengan warna coklat gelap. Suhu degradasi protein koro pedang diduga tidak jauh berbeda dengan protein kedelai, sehingga suhu kompresi yang diaplikasikan pada penelitian ini (120 – 140°C) belum memungkinkan terjadinya degradasi protein. Hal tersebut mengakibatkan nilai kecerahan *edible film* pada penelitian ini tidak jauh berbeda dengan nilai kecerahan *edible film* yang dibuat dengan proses *solvent casting*.



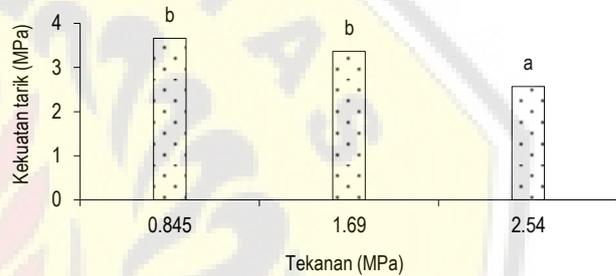
Gambar 3. Nilai kecerahan (L*) *edible film* sebagai pengaruh tekanan pada proses *compression molding*.

Kekuatan tarik

Hasil pengukuran kekuatan tarik *edible film* dari tepung koro pedang dengan variasi suhu dan tekanan kompresi adalah 2,506 – 4,091 MPa (Tabel 2).

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa suhu tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik *edible film* akan tetapi tekanan berpengaruh dan tidak ada interaksi diantara kedua parameter. Nilai kekuatan tarik paling besar diperoleh pada variasi suhu 140°C dan tekanan 0,845 MPa. Nilai kekuatan tarik paling rendah diperoleh pada variasi suhu 140°C dan tekanan 2,540 MPa.

Pada penelitian ini naiknya tekanan dari 0,845 MPa hingga 2,540 MPa akan menurunkan nilai kekuatan tarik, hal ini disebabkan karena naiknya gaya tekan akan menghasilkan *film* yang semakin tipis, sehingga lebih mudah robek jika ditarik. Pengaruh tekanan terhadap kekuatan tarik *edible film* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Nilai kekuatan tarik (Mpa) *edible film* sebagai pengaruh tekanan (MPa) pada proses *compression molding*.

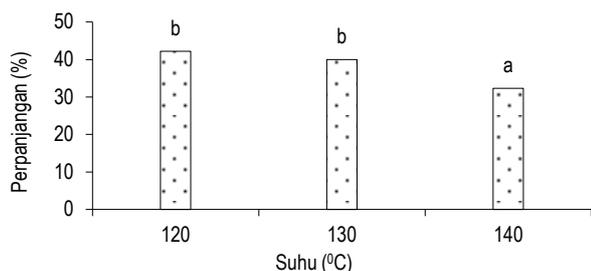
Jika di dibandingkan dengan proses *solvent casting* nilai kekuatan tarik *edible film* yang dibuat dengan proses *compression molding* secara umum lebih besar, dimana pada proses *solvent casting* nilai kekuatan tarik adalah 1,855 (MPa) (Lindriati *et al.*, 2008).

Pemasakan dengan *compression molding* merupakan kombinasi suhu tinggi, tekanan tinggi dan waktu yang pendek serta kandungan kelembaban yang rendah sehingga menyebabkan transformasi dari campuran protein-plastisizer menjadi *viscoelastic melts* (Moraru dan Kokini, 2003).

Perpanjangan

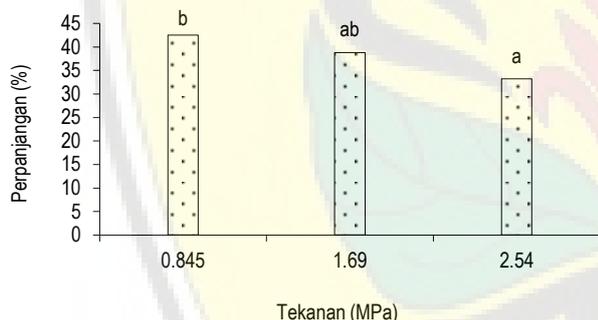
Hasil pengukuran perpanjangan *edible film* dari tepung koro pedang dengan variasi suhu dan tekanan kompresi adalah 27,167 – 46,610 % (Tabel 2). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa suhu berpengaruh terhadap perpanjangan *edible film* dan tekanan juga berpengaruh akan tetapi tidak ada interaksi diantara kedua parameter.

Nilai perpanjangan paling besar diperoleh pada variasi suhu 120°C dan tekanan 0,845 MPa. Sedangkan nilai perpanjangan paling rendah diperoleh pada variasi suhu 140°C dan tekanan 2,540 MPa. Pada penelitian ini naiknya suhu dari 120°C hingga 140°C akan menurunkan nilai perpanjangan. Pengaruh suhu terhadap perpanjangan *edible film* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai perpanjangan (%) edible film sebagai pengaruh suhu (°C) pada proses compression molding.

Selain itu nilai perpanjangan juga dipengaruhi oleh besarnya tekanan kompresi. Pada penelitian ini kenaikan tekanan dari 0,845 MPa hingga 2,540 MPa akan menurunkan nilai perpanjangan, hal ini disebabkan karena dengan naiknya gaya tekan film yang dihasilkan semakin tipis, sehingga lebih mudah robek jika ditarik. Pengaruh tekanan terhadap perpanjangan edible film dapat dilihat pada Gambar 4. Jika dibandingkan dengan proses solvent casting nilai perpanjangan edible film yang dibuat dengan proses compression molding secara umum sedikit lebih besar, dimana pada proses solvent casting nilai perpanjangan rata-rata adalah 25,120% (Lindriati et al., 2008).

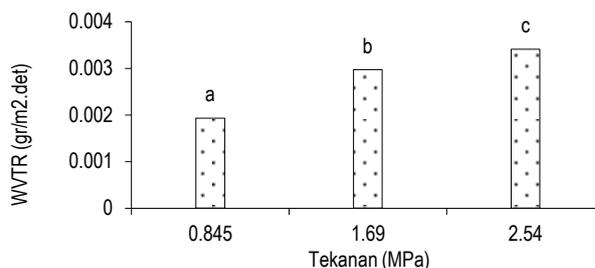


Gambar 4. Histogram nilai perpanjangan (%) sebagai pengaruh tekanan (MPa) pada edible film dengan proses compression molding.

WVTR (Water Vapor Transmition Rate)

Hasil pengukuran WVTR edible film dari tepung koro pedang dengan variasi suhu dan tekanan kompresi adalah 0,001 – 0,004 gr/m².det. (Tabel 2). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa suhu tidak berpengaruh terhadap WVTR edible film akan tetapi tekanan berpengaruh dan tidak ada interaksi diantara kedua parameter. Nilai WVTR paling tinggi diperoleh pada variasi suhu 130°C dan tekanan 2,54 MPa. Sedangkan nilai WVTR paling rendah diperoleh pada variasi suhu 140°C dan tekanan 0,845 MPa.

Pada penelitian ini naiknya tekanan dari 0,845 MPa hingga 2,540 MPa akan menaikkan nilai WVTR, hal ini disebabkan karena dengan naiknya gaya tekan film yang dihasilkan semakin tipis, sehingga memudahkan uap air untuk melewatinya. Pengaruh tekanan terhadap WVTR edible film dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Nilai WVTR (gr/m².det) edible film sebagai pengaruh tekanan (MPa) pada proses compression molding.

Nilai WVTR edible film yang dibuat dengan proses compression molding secara umum lebih kecil dibandingkan dengan proses solvent casting, dimana pada proses solvent casting nilai WVTR rata-rata adalah 0.00578 (gr/m².det). Aplikasi tekanan pada proses pemasakan juga akan mempengaruhi kondisi denaturasi, gelasi dan gelatinisasi. Menurut Okamoto et al. (1990), denaturasi protein yang disebabkan karena pemasakan dengan adanya panas adalah dengan destruksi dan pembentukan ikatan kovalen. Tekanan tidak mempengaruhi ikatan ini, akan tetapi menurunkan volume reaksi, dan denaturasi protein terjadi karena adanya peningkatan interaksi hidrofobik sehingga mempengaruhi struktur kuaterner dari protein (Tauscher, 1995).

Peningkatan interaksi hidrofobik mengakibatkan edible film yang dihasilkan lebih barrier terhadap uap air. Secara umum suhu kompresi yang digunakan dalam penelitian ini (120 – 140°C) tidak berpengaruh terhadap karakter edible film kecuali terhadap perpanjangan. Hal tersebut diduga karena batasan suhu yang digunakan dalam penelitian ini masih belum melewati suhu degradasi protein dan pati. Beberapa penelitian sebelumnya dalam pembuatan edible film dengan proses compression molding dengan menggunakan bahan dasar isolat protein kedelai menggunakan suhu kompresi 150°C (Paulk, Ogale. 1995; Cunningham et al., 2000; Guerrero et al., 2010). Pada kadar air rendah proses pemasakan pati tidak seperti pada proses pemasakan dengan kadar air tinggi, dimana dengan aplikasi suhu dan tekanan tinggi terjadi pelelehan kristal pati (Barron et al. (2001). Menurut Fujio et al. (1995) dan Igura et al. (1997) pada pati kentang, jagung dan gandum pengaruh pemanasan terhadap degradasi berat molekul mulai terlihat pada pemanasan pada suhu diatas 150°C.

Perbandingan sifat mekanik Edible Film

Perbandingan nilai ketebalan, kekuatan tarik dan perpanjangan edible film yang dihasilkan dari penelitian ini dengan penelitian-penelitian yang lain disajikan pada Tabel 3.

Tepung koro pedang dapat dibuat edible film dengan mengaplikasikan metode compression molding dimana edible film yang dihasilkan berwarna kekuningan, transparan dan tipis. Pembuatan edible film pada suhu dan tekanan kompresi 140°C dan 0,845 MPa dapat menghasilkan edible film dengan ketebalan 0,302 mm, kekuatan tarik 4,091 dan perpanjangan 37,547%. Nilai kekuatan tarik dan perpanjangan edible film dari tepung koro pedang yang dibuat dengan proses compression molding lebih baik dari pada yang dibuat dengan proses solvent casting. Hasil serupa juga ditunjukkan pada penelitian Igura et al. (2010). Nilai kekuatan tarik edible film pada penelitian ini

tidak jauh berbeda dengan penelitian lain dengan bahan dasar isolat protein kedelai, akan tetapi nilai perpanjangan jauh lebih rendah. Nilai kekuatan tarik dan perpanjangan dari polimer sintesis masih jauh lebih tinggi daripada *edible film*. Adonan bahan dasar *edible film* pada proses *solvent casting* merupakan cairan kental sedangkan bahan dasar pada proses *compression molding* merupakan bahan semi-solid. Pada proses *solvent casting* pemanasan bahan dilakukan pada suhu 80 – 90°C dan tekanan atmosfer sedangkan proses *compression molding* mengaplikasikan suhu tinggi (120-140°C) dan tekanan tinggi (0,845 – 2,540 MPa). Kandungan air yang berbeda serta kondisi pemasakan yang berbeda dapat menghasilkan *edible film* dengan sifat yang berbeda.

Tabel 3. Kekuatan tarik dan perpanjangan berbagai jenis biopolimer dan plastik sintesis

Jenis film	Ketebalan (mm)	Kekuatan Tarik (MPa)	Perpanjangan (%)	Rujukan
Tepung koro pedang-30% gliserol-metode <i>solvent casting</i>	0,122	1,855	25,120	Lindriati <i>et al.</i> , 2008
Isolat protein kedelai-30% gliserol-metode <i>compression molding</i>	0,26	5,4	96,5	Cunningham <i>et al.</i> , 2000
Isolat protein kedelai-30% gliserol-metode <i>solvent casting</i>	-	4,1	105,4	Guerrero <i>et al.</i> , 2010
Isolat protein kedelai-30% gliserol-metode <i>compression molding</i>	-	7,8	132,4	Guerrero <i>et al.</i> , 2010
HDPE	0,025	17,3 – 34,6	300	Briston, 1988
LDPE	0,025	9,6 – 17,3	500	Briston, 1988

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *compression molding* dapat diaplikasikan dalam pembuatan *edible film* dengan bahan dasar tepung koro pedang. Tekanan kompresi berpengaruh terhadap ketebalan, nilai warna, perpanjangan, kekuatan tarik dan WVTR. Suhu berpengaruh terhadap parameter perpanjangan. Tidak terdapat interaksi diantara kedua faktor (tekanan dan suhu). Peningkatan tekanan dapat menurunkan ketebalan, kekuatan tarik dan perpanjangan serta meningkatkan warna (L*) dan WVTR. Peningkatan suhu dapat menurunkan perpanjangan. *Edible film* yang dihasilkan pada suhu dan tekanan kompresi 140°C dan 0,845 MPa memiliki sifat fisik dan mekanik: ketebalan 0,302 mm; warna (L*) 68,557, kekuatan tarik 4,091 MPa, perpanjangan 37,547 % dan WVTR 0,001 mg/m².det.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM. 1995. ASTM D638-94, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, American Society For Testing and Materials.

Barron C, Bouchet B, Della Valle G, Gallant DJ, Planchot V. 2001. Microstructural study of destructuring of waxy maize and smooth pea starches by shear and heat at low hydration. *J Cereal Science* 33: 289 – 300.

Briston JH. 1988. *Plastic Films*. 3th edition. Wiley, New York.

Fujio Y, Igura N, Hayakawa I. 1995. Depolymerization of molten-moisturized-starch molecules by shearing force under high temperature. *Starch* 47: 143-145.

Cunningham P, Ogale AA, Dawson PL, Acton JC. 2000. Tensile properties of soy protein isolate films produced by a thermal compaction technique. *J Food Sci* 65(4):668-671.

Guerrero P, Retegi A, Gabilondo N, de la Caba K. 2010. Mechanical and thermal properties of soy protein films processed by casting and compression. *J Food Eng.* 30: 31 – 37.

Igura N, Katoh T, Hayakawa I, Fujio Y. 1997. Effect of longer heating time on depolymerization of low moisturized starches. *Starch* 49: 2-5.

Lindriati T, Widjanarko SB dan Yuniarta. 2008. *Edible film dari tepung koro pedang (Canavalia Ensiformis)*. Studi terhadap pengaruh penambahan gliserol dan ekstrak teh hijau. Prosiding Seminar Nasional. PATPI, Palembang 14 – 16 Oktober 2008.

Lindriati T, Wulandari DA, Praptiningsih Y, Maryanto. 2007. Pengaruh penambahan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) terhadap sifat fisik dan mekanik *edible film* dari isolat protein dan tepung koro pedang (*Canavalia Ensiformis*). *Jurnal Teknik Pertanian IV* (1):56 - 65.

McHugh TH, Avena-Bustillas R, Krochta JM. 1993. Hydrophilic *edible films*: modified procedure for water vapor permeability and explanation of thickness effects. *J Food Sci* 58 (4): 899-903.

Moraru CI, Kokini JL. 2003. Nucleation and expansion during extrusion and microwave heating of cereal foods. *Compr Rev Food Sci F* 2:120-138.

Okamoto M, Kawamura Y, Hayashi R, 1990. Application of high pressure to food processing: Textural comparison of pressure and heat-induced gels of food proteins. *Agric Biol Chem* 54(1): 183-189.

Paulk JM, Ogale AA. 1995. Thermal processing of food grade proteins. *Proceedings of the Annual Technical Conference, ANTEC*. Society of Plastics Engineers.

Pommet M, Redl A, Guilbert S, Morel MH. 2005. Intrinsic influence of various plasticizer on functional properties and reactivity of wheat gluten thermoplastic materials. *J Cereal Sci.*, 42: 81-91.

Rhim, JW, Wu Y, Weller CL, Schnepf M. 1999. Physical characteristics of a composite film of soy protein isolate and propyleneglycol alginate. *J Food Sci* 64 (1): 149 -153.

Sothornvit R, Olsen CW, McHugh TH, Krochta JM. 2003. Formation conditions, water-vapor permeability, and solubility of compression molded whey protein films. *J Food Sci* 68(6): 1985-1989.

Sudarmadji S, Haryono B, Suhardi. 1976. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty, Yogyakarta.

Tauscher B. 1995. Pasteurization of food by hydrostatic pressure: Chemical aspects. *Z. Lebensm. Unters Forsch* 200: 3-13.

