

**KAJIAN SIFAT FISIK *EDIBLE COATING* CMC DIPERKAYA
MINYAK ATSIRI LEMON DAN DAUN SIRIH
UNTUK MENGHAMBAT BROWNING
DAN PERTUMBUHAN MIKROBIA**

*Study of Physical Properties from Edible Coating of CMC
Enriched with Lemongrass and Betel Leaf Essential Oils to
Inhibit Browning and Microbial*

*Muh. Syaiful Shodiq¹, Ir. Indira Prabasari, M.P PhD. ², Chandra Kurnia
Setiawan, S.P., M.Sc.³*

Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstract. The aim of this research was to study about physical properties of edible film CMC with addition of essential oil and to see the ability of edible coating in inhibiting browning and growth of microbe on fresh-cut Manalagi apples.

The research was conducted using experimental method which organized in Random Complete Plan (RCP) with double factor experimental plan. The study was divided into two steps. The first was edible film CMC with addition of essential oil physical properties test, and the second was edible coating application of antibacteria CMC on the fresh-cut Manalagi apples.

Two various concentration of CMC was used, namely 1% and 1,5%. Five various concentration of essential oil was used, namely essential oil 0%, lemon essential oil 2%, lemon essential oil 3%, betel leaf essential oil 0,1% and betel leaf essential oil 0,2%.

The results of characterization showed that the concentration of CMC 1,5% with addition of betel leaf essential oil was the best to improve physical properties of edible film. The results also showed that the essential oils did not capable to inhibit browning on fresh-cut Manalagi apple, but essential oil of lemon 3% capable to inhibit of the fresh-cut Manalagi apple bacterial decomposition.

Keyword : *Edible Coating, Physical Properties, CMC, Essential Oil*

Edible coating telah digunakan untuk mengurangi efek kerusakan ditimbulkan oleh pengolahan minimal. Penghalang semipermeabel disediakan oleh pelapis edible ditujukan untuk memperpanjang umur simpan dengan mengurangi

kelembaban dan migrasi zat terlarut, pertukaran gas, respirasi, dan laju reaksi oksidatif, serta menekan gangguan fisiologis pada buah-buahan segar-cut (Rojas-Grau, Tapia, Rodríguez, Carmona, & Martin-Belloso, 2007; Rojas-Grau, Tapia, & Martin-Belloso, 2008). Karboksimetil selulosa (CMC) adalah linier, rantai panjang, larut dalam air, polisakarida anionik yang dapat digunakan sebagai pelapis buah (Gol, Patel, & Rao, 2013). CMC murni berwarna krem, tidak berasa, tidak berbau (Hattori, Abe, Yoshida, & Cuculo, 2004; Keller, 1986).

Menurut Chao *et al.* (2008) dalam Suryandari (2014), buah jeruk lemon memiliki minyak atsiri yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Minyak atsiri jeruk lemon mengandung 59,7 % limonen (Sokovic *et al.*, 2010 dalam Suryandari 2014). Limonen merupakan senyawa yang berfungsi sebagai antibakteri. Kandungan nerol di dalam jeruk lemon juga mempunyai efek sinergis yang dapat menguatkan aktivitas antibakteri dari jeruk lemon (Borgou *et al.*, 2012 dalam Suryandari 2014).

Daun sirih diketahui memiliki efek antibakteri terhadap beberapa jenis bakteri dan salah satunya adalah *Streptococcus mutans*. Daun sirih mengandung minyak atsiri dimana komponen utama minyak atsiri tersebut adalah fenol dan senyawa turunannya, diantara senyawa turunannya itu adalah klavikol yang memiliki daya bakterisida lima kali lebih kuat dibanding fenol (Nalina, 2007 dalam Armianty, 2013).

Bahan aktif minyak atsiri seperti karvakrol, sinamaldehida, dan sitral memiliki sifat antimikroba yang kuat (Massilia *et al.* 2008 dalam Winarty, 2013). Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisik *edible coating* CMC yang dicampur dengan minyak atsiri lemon dan minyak atsiri daun sirih dan mengkaji *edible coating* CMC yang dicampur dengan minyak atsiri lemon dan minyak atsiri daun sirih dapat menghambat *browning* dan aktivitas mikrobiologi pada *Fresh-cut*

Metode

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor ganda. Faktor pertama adalah konsentrasi minyak atsiri yang terdiri dari 5 aras yaitu minyak atsiri 0%, minyak atsiri lemon 2%; minyak atsiri lemon 3%; minyak atsiri daun sirih 0,1%; minyak atsiri daun sirih 0,2%. Faktor kedua adalah konsentrasi CMC dengan 2 aras yaitu CMC 1% dan CMC 1,5%. Penelitian ini menghasilkan 10 kombinasi perlakuan.

Parameter yang Diamati adalah *Water Vapor Transssmission Rate* (WVTR), *Tensile Strength* (Kekuatan Tarik), *Elongation* (Pemanjangan), Kemampuan degradasi, Kelarutan Air, Perubahan warna dan browning, Pengujian mikrobiologi

Hasil

A. WVTR (*Water Vapor Transmission Rate*)

Hasil analisis sidik ragam terhadap uji WVTR (Lampiran 3a) menunjukkan tidak ada interaksi pada kombinasi perlakuan konsentrasi CMC dan konsentrasi minyak atsiri. Hasil rerata pengujian WVTR dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rerata harian hasil uji WVTR

Perlakuan	Minyak Atsiri					Rerata
	Lemon			Daun Sirih		
	0% (M0)	2% (M1)	3% (M2)	0,1% (M3)	0,2% (M4)	
CMC 1% (C1)	31.40	28.86	28.48	24.10	23.40	27.25a
CMC 1,5% (C2)	22.50	26.04	24.73	24.13	22.41	23.96b
Rerata	26.95a	27.45a	26.61a	24.12b	22.90b	(-)

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan hasil DMRT pada taraf 5%

Tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat beda nyata antar rerata perlakuan CMC. Rerata perlakuan CMC konsentrasi 1% (C1) lebih tinggi dibanding dengan rerata perlakuan CMC konsentrasi 1,5% (C2). Tabel 1 juga menunjukkan bahwa terdapat beda nyata antar rerata perlakuan minyak atsiri. Rerata perlakuan CMC minyak atsiri 0% (M0) lebih tinggi dibanding dengan rerata perlakuan CMC minyak atsiri daun sirih pada berbagai konsentrasi (S1 dan S2).

Kekuatan tarik *edible film* menunjukkan kekuatan matriks film menahan gaya tarik yang diberikan. Kekuatan tarik yang tinggi menunjukkan ikatan antar molekul dalam film makin tinggi sehingga air yang terdifusi ke dalam molekul CMC akan makin kecil. Menurunnya interaksi molekul air dengan CMC akan menurunkan kelarutan film yang dihasilkan. Laju transmisi uap air (WVTR) yang makin rendah dipengaruhi oleh kekuatan film yang makin meningkat.

B. Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Hasil analisis sidik ragam terhadap uji Kekuatan Tarik menunjukkan bahwa ada interaksi pada kombinasi perlakuan konsentrasi CMC dan konsentrasi minyak atsiri. Hasil rerata pengujian Kekuatan Tarik disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Rerata harian hasil uji kekuatan tarik

Perlakuan	Minyak Atsiri					Rerata
	0% (M0)	Lemon		Daun Sirih		
		2% (M1)	3% (M2)	0,1% (M3)	0,2% (M4)	
CMC 1% (C1)	0.31de	0.22e	0.25e	0.53c	0.38cde	0.34
CMC 1,5% (C2)	0.56c	0.47cd	0.30de	0.86b	1.22a	0.68
Rerata	0.44	0.34	0.28	0.69	0.80	(+)

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan hasil DMRT pada taraf 5%

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat beda nyata pada perlakuan CMC tanpa minyak atsiri dan CMC dengan penambahan minyak atsiri berbagai konsentrasi. Perlakuan CMC 1,5% dengan penambahan minyak atsiri daun sirih 0,2% (C2M4) memiliki kekuatan tarik lebih tinggi dibanding dengan perlakuan CMC 1,5% tanpa minyak atsiri (C2M0). Hal tersebut diduga karena minyak atsiri daun sirih mengandung senyawa metil eter, senyawa yang dapat berasosiasi dengan CMC. (Dharma, 1985).

C. Pemanjangan (Elongasi)

Pemanjangan (Elongation) adalah presentase perubahan panjang *edible film* pada saat ditarik sampai putus (Krochta, 1997). Hasil rerata pengujian elongasi disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rerata harian hasil uji pemanjangan (%)

Perlakuan	Minyak Atsiri					Rerata
	Lemon			Daun Sirih		
	0% (M0)	2% (M1)	3% (M2)	0,1% (M3)	0,2% (M4)	
CMC 1% (C1)	156.7e	185de	250.6b	206.7cd	176.7de	195.13
CMC 1,5% (C2)	208.8cd	231.1bc	184de	177.2de	311.3a	222.47
Rerata	182.7	208.05	217.29	191.96	244	(+)

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan hasil DMRT pada taraf 5%

Tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat beda nyata pada tiap perlakuan CMC pada berbagai konsentrasi minyak atsiri. CMC dengan konsentrasi 1,5% memberikan persen pemanjangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan CMC 1% pada berbagai konsentrasi minyak atsiri. Penggunaan CMC dalam jumlah yang lebih besar menyebabkan kemampuan mengikat air yang lebih baik sehingga memberikan matrik gel yang dapat meningkatkan persen pemanjangan dari *edible film* karena CMC memiliki gel strength yang tinggi. Purwatiningsih (2007) menyatakan bahwa penambahan CMC menyebabkan gel semakin elastis sehingga dengan semakin elastisnya gel maka nilai persen pemanjangan juga semakin tinggi.

D. Kemampuan Degradasi (Biodegradabilitas)

Uji Kemampuan degradasi dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sampel *edible film* sampai mengalami degradasi. Hasil rerata pengujian Kemampuan Degradasi disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kemampuan Degradasi (%)

CMC 1,5% (A2)	100	100	100	100	100	100a
Rerata	100a	100a	100a	100a	100a	(-)

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan hasil DMRT pada taraf 5%

Tabel 5 menunjukkan bahwa tidak ada beda nyata pada setiap perlakuan atau rerata perlakuan CMC dan minyak atsiri. Tabel 5 menunjukkan bahwa semua perlakuan memiliki presentase Kelarutan dalam Air yang baik, hal ini diduga karena ikatan antar molekul CMC lebih renggang sehingga molekul air mudah berasosiasi dengan molekul CMC. Hal tersebut juga dikarenakan CMC yang dipakai untuk membuat *edible film* merupakan CMC yang memiliki nilai DS sebesar 0,7 atau sekitar 7 gugus Carboxymethyl per 10 unit anhidroglukosa, sehingga dapat dengan mudah terlarut dalam air meskipun ada perbedaan konsentrasi CMC yaitu 1% dan 1,5% (Netty, 2010).

F. Warna

Perubahan warna fresh cut apel pada berbagai skor warna dinyatakan dalam hari. Adapun rerata hasil uji organoleptik warna disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Scoring perubahan warna pada fresh-cut apel

Perlakuan	3	6	9	12	15
	Score	Score	Score	Score	Score
C1M0	3,8	3,6	3,5	3,5	3
C2M0	3,8	3,6	3,5	3,5	2,8
C1M1	4	3,8	3,6	3,5	3
C1M2	4	3,8	3,6	3,3	2,8
C1M3	3	3	3	3	2,3
C1M4	3	3	3	3	2,3
C2M1	4	3,8	3,6	3,3	3
C2M2	4	3,8	3,6	3,1	2,8
C2M3	3	3	3	3	2
C2M4	3	3	3	3	2,1

Berdasarkan Tabel 10 menunjukkan bahwa pada hari ke-3 sampai dengan hari ke-15 score yang diberikan oleh panelis pada tiap perlakuan mengalami penurunan score.

Score terendah sejak hari ke-3 sampai hari ke-15 terdapat pada perlakuan CMC yang dikombinasikan dengan minyak atsiri daun sirih. Tingkat kesukaan panelis terhadap fresh-cut yang dilapisi CMC dengan penambahan minyak atsiri daun sirih berkurang karena perubahan warna menjadi merah kecoklatan. Warna ini mungkin diakibatkan oleh senyawa fenol dalam minyak atsiri daun sirih. Menurut Eikman dalam Heyne (1987) daun sirih mengandung minyak atsiri yang sepertiganya adalah fenol. Senyawa fenol ini dapat mengalami pencoklatan enzimatik (Winarno, 1984).

G. Uji Mikrobiologi

Salah satu metode untuk menentukan jumlah mikroorganisme pada buah apel, yaitu dengan pengukuran total mikrobial (*Total Plate Count*) menggunakan alat *colony counter*. Uji mikrobiologi merupakan salah satu yang dapat dijadikan parameter dalam penyimpanan buah apel manalagi. Mikrobial yang diamati pada penelitian ini adalah bakteri. Media yang digunakan untuk pertumbuhan mikrobial adalah NA (*Nutrient Agar*) dengan seri pengenceran 10^{-5} , 10^{-6} , dan 10^{-7} yang diperoleh berdasarkan uji pendahuluan. Peningkatan jumlah mikrobial menandakan bahwa mutu buah mulai menurun.

Tabel 7. Total mikrobial pada fresh-cut apel

Perlakuan	Hari Pengamatan (10^{-5} CFU/ml)					
	0	3	6	9	12	15
C1M0	0	48.5	78	95	1900	Spreader
C2M0	0	81.5	36.5	Spreader	1100	Spreader
C1M1	0	98.5	37	51	159	326
C1M2	0	83	41	0	95	121.5
C1M3	0	81	0	Spreader	224	Spreader
C1M4	0	191	0	42	139.5	330
C2M1	0	87	0	56	87	109
C2M2	0	105	0	0	51	62
C2M3	0	95	49	77	Spreader	259.5

C2M4	0	98.5	57	71.5	Spreader	153
------	---	------	----	------	----------	-----

Tingkat pertumbuhan bakteri yang relatif sama terjadi pada perlakuan pelapisan CMC 1% dan 1,5% pada minyak atsiri daun sirih. Pada perlakuan penambahan minyak atsiri lemon di berbagai konsentrasi CMC tidak ditemukan adanya spreader. Hal ini menandakan bahwa populasi dan pertumbuhan bakteri pada perlakuan tersebut dapat dihambat. Selain mampu menghambat populasi bakteri, pada perlakuan tersebut juga mampu menghambat pertumbuhan populasi *bakteri* hingga hari ke-15 penyimpanan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rojas *et al.*, (2009) bahwa sifat hidrofobik pada *essential oil* mampu melewati membran sel mikrobia dan masuk mitokondria, mengganggu struktur internal dan rendering membran lebih *permeable*.

Kesimpulan

1. Peningkatan konsentrasi CMC dapat meningkatkan sifat fisik *edible film*. CMC konsentrasi 1,5% mampu meningkatkan sifat fisik *edible film* dengan meminimalisir laju transmisi uap air dan meningkatkan kuat tarik dan persen pemanjangan.
2. Penambahan minyak atsiri daun sirih 0,2% dapat memperbaiki sifat fisik *edible film* dengan meminimalisir laju transmisi uap air dan meningkatkan kuat tarik dan persen pemanjangan.
3. Penambahan minyak atsiri belum dapat menghambat *browning* pada *fresh-cut* apel.
4. Penambahan minyak atsiri lemon 3% yang dikombinasikan dengan CMC dapat menghambat pertumbuhan mikroba pada *fresh-cut* apel.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai bahan tambahan berupa senyawa yang bersifat hidrofobik seperti asam lemak

DAFTAR PUSTAKA

- Ahn, J., Grün, I.U., Mustapha, A., 2007. *Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef. Food Microbiology* 24, 7–14
- Arif, Diyono, Syaefullah dan Setyadjit. 2014. Optimalisasi Cara Pemeraman Buah Cempedak (*Artocarpus champeden*). *Jurnal Informatika Pertanian*. Vol. 23 (1) : 35-46
- Arnon, H., Granit, R., Porat, R., & Poverenov, E. (2015). *Development of polysaccharides-based edible coatings for citrus fruits: a layer-by-layer approach. Food Chemistry*, 166, 465-472.
- Arrum Wijayani, Khoirul Ummah dan Siti Tjahjani. 2005. Karakterisasi Karboksimetil Selulosa (CMC) dari Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* (Mart) Solms). Universitas Surabaya, Surabaya.
- Azka Prima Nurindra, Moch. Amin Alamsjah dan Sudarno. 2005. Karakterisasi Edible Film Dari Pati Propagul Mangrove Lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) Dengan Penambahan Carboxymethyl Cellulose (CMC) Sebagai Pemplastis
- Babak, Gandarzhadeh, Hadi Almasi. 2011. *Physical Properties of Edible Emulsified Films Based on Carboxymethyl Cellulose and Oleic Acid. International Journal of Biological Macromoleculs*.
- Baldwin, E.A dan Nisperros-Carriedo, M.O. 1993. Edible coatings for Lightly Processed Fruits and Vegetables. www.hortsci.ashspublications.org [24 Maret 2008].
- Baldwin, E.A. 2007. *Surface Treatments and Edible coatings in Food Preservation*. Di dalam : Rahman, M. S. (Ed), *Handbook of Food Preservation*, 2nd Ed. CRC Press, New York, p. 477-507.
- Bayu Tri Harsunu. 2007. Pengaruh Konsentrasi *Plasticizer* Gliserol Dan Komposisi Khitosan Dalam Zat Pelarut Terhadap Sifat Fisik *Edible Film* Dari Khitosan. Universitas Indonesia. Depok, Jakarta.
- Borgou, S., Rahali, F.Z., Ourghemmi, I. & Tounsi, M.S., 2012. *Changes of Peel Essential Oil Composition of Four Tunisian Citrus during Fruit Maturation, The Scientific World Journal*, 10(1), 1100-1110.
- Biswal, D.R. dan R.P. Singh. 2004. *Characterisation of Carboxymethyl Cellulose and Polyacrylamide Graft Copolymer. Carbohydrate Polymers*. 57. 379-38

- Burg, S. P. 1973. *Ethylene in Plant Growth. Proc. Nat. Acad. Sci. Vol. 70(2) : 591-597*
- Burt, S., 2004. *Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. International Journal of Food Microbiology 94(3), 223-253.*
- Chao, S., Young, G., Oberg, C. & Nakaoka, K., 2008, *Inhibition of Methicillin Resistant Staphylococcus aureus (MRSA) by Essential Oils, Flavour and Fragrance Journal, 23(10), 444-449.*
- Coffey, D.G., D.A, Bell, dan A. Handerson. 1995. *Cellulose and cellulose derivates. In: Stephen. A.M (editor) Food Polysaccharides and Their Application. Marcel Dekker Inc. New York, USA. Hal. 123-153*
- Dharma, A.P. 1985. *Tanaman Obat Tradisional Indonesia. Balai Pustaka. Jakarta*
- Delaquis, P. J., Stanich, K., Girard, B., & Mazza, G. (2002). *Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. International Journal of Food Microbiology, 74, 101-109*
- Donhowe-Irene, G. dan Fennema, O. 1994. *Edible films and Coatings: Characteristics, Formation, Definitions, and Testing Methods. Di dalam :Krochta, J.M., Baldwin, E.A., dan Nisperos Carriedo, M.O. (Eds), Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Technomic Publishing Company Inc., Lancaster Pennsylvania, p. 1-24.*
- Dyah Hayu Kusumawati, Widya Dwi Rukmi Putri. 2013. *Karakteristik Fisik dan Kimia Edible Film Pati Jagung yang Diinkorporasi dengan Perasan Temu Hitam. Universitas Brawijaya. Depok, Malang*
- Erkan, N. (2012). *The effect of thyme and garlic oil on the preservation of vacuum-packaged hot smoked rainbow trout (Onchorynchus mykiss). Food Bioprocess Technol. 5: 1246-1254.*
- Espina, L., Somolinos, M., Loran, S., Conchello, P., García, D., & Pagan, R.(2011). *Chemical composition of commercial citrus fruit essential oils and valuation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes. Food Control, 22, 896-902.*
- Faqih Radina. 2016. *Korelasi Antara Penambahan Ekstrak Daun Mulberry Sebagai Antioksidan Dengan Karakteristik Fisik Dan Kimia Edible Film Tapioka. Universitas Pasundan. Bandung*
- Fennema O, Donhowe IG, Kester JJ. 1994. *Lipid type and location of the relative humidity gradient influence on the barrier properties of lipids to water vapor. J of Food Engineering 22:225-239.*
- Fisher, K., & Phillips, C. A. 2006. *The effect of lemon, orange and bergamot essential oils and their components on the survival of Campylobacter jejuni, Escherichia coli O157, Listeria monocytogenes, Bacillus cereus and Staphylococcus aureus in vitro and in food systems. Journal of Applied Microbiology, 101(6), 1232-1240.*
- Gnanasambandam, R., N.S. Hettiarachchy, dan M, Coleman. 1997. *Mechanical and Barrier of Rice Bran Films. J. Food Sci. 62 (2): 395-398.*
- Gunther, E., 1990. *Minyak Atsiri. Jilid III A. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.*
- Gol, N.B., P.R. Patel and T.V. Rao. 2013. *Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. Postharv. Biol. Technol. 85: 185-195.*

- Gontard., S. Guilbert and J. L. Cuq. 1992. *Edible Wheat Gluten Film: Influence of The Main Process Variables on Film Properties Using Response Surface Methodology*. J. Food Science 57(1): 190-195
- Glicksman M, Robert EK. 1972. *Gums*. Di dalam: Thomas E. Furia (ed). *Hand Book of Food Additives*. Ed ke-2. California (US): CRC Press.
- Grant, L.A. dan Burns, J. 1994. *Application of Coatings*. Di dalam : Krochta, J.M., Baldwin, E.A., dan Nisperos Carriedo, M.O. (Eds), *Edible coatings and Films to Improve Food Quality*. Technomic Publishing Company Inc., Lancaster Pennsylvania, p. 189-200.
- Gutierrez, C. Barry-Ryan, P. Bourke. 2009. *The anti-microbial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients*. School of Food Science and Environmental Health, Dublin Institute of Technology, Cathal Brugha Street, Dublin 1, Ireland
- Handa, A., A. Gennadios, M.A. Hanna, C.L. Weller dan N. Kuroda. 1999. *Physical and Molecular Properties of Egg-white Lipid Films*. J. Food Sci. 64 (5): 860-864
- Hasbullah, R. 2006. *Teknologi Pengolahan Minimal*. Food Review 1 (10) : 40-45.
- Hattori, K., E. Abe, T. Yoshida and J. A. Cuculo. 2004. *New solvents for cellulose II ethylenediamine/thiocyanate salt system*. Polym. J. 36(2): 123–130.
- Heyne, K. 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia II*. Diterjemahkan oleh Badan Litbang Kehutanan. Yayasan Sarana Wanajaya. Jakarta.
- Imerson, A. (Ed)., 1992, *Thickening and Gelling Agent form Food*, Blackie Akademic & Proffesional, Glasgow.
- Keller, J. D. 1986. pp. 45–104. In, M. Glicksman (ed.), *Sodium carboxymethylcellulose (CMC), Food Hydrocolloids*, 3, CRC Press, Boca Raton, Florida
- Kester JJ, Fennema O. 1986. *Edible film and coating : A review*. Food Technol. 40: 47-59.
- Ketaren, S. 1985. *Pengantar Teknologi Minyak Atsiri*. Balai Pustaka. Jakarta
- Klose, R.E. dan M. Glicksman. 1972. *Gums dalam Handbook of Additive*. 2nd ed. (Furia, T.E) (ed). CRC Press, Ohio.
- Koukounaras, A., G. Diamantis, and E. Stafiotakis. 2008. *The Effect of Heat Treatment on Quality Retention of Fresh-cut Peach*. Postharvest Biol. Technology.48:30-36
- Krochta, J and C. M. Johnston. 1997. *Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and Opportunities*. Food Tech. 51(2): 61-74.
- Krochta, J. M. ,and C. M. ,Johnson, 1997. *Edible film and Biodegradable Polymer Film Challenger and Opportunities*, Food Tech, 51 (2); 61-74
- Labuza, T.P dan C.R. Hyman. 2005. *Moisture Migration and Control in MultidomainFoods*.http://faculty.che.umn.edu/fscn/Ted_Labuza?PDF_files?papers?MultiDomain.pdf.
- Laxmikant S Badwaik., Pallab Kumar Borah., Sankar C. Deka. 2014 *Antimicrobial and Enzymatic Antibrowning Film used as Coating for Bamboo Shoot Quality Improvement*. Carbohydrate Polymers.
- Massilia, R.M.R., J. Mosqueda-Melgar, and O. Martin Belloso. 2008. *Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon*. Intl. J. Food Microbiol. 121: 313–327

- Marshall, M.R., Kim, J., dan Wei, C-I. 2000. *Enzymatic Browning in Fruits, Vegetables, and Seafoods*. www.fao.org [1 Mei 2008].
- Maizura, M., A. Fazilah, M.H. Norziah, and A.A. Karim. 2008. *Antibacterial activity of modified sago starch-alginate based edible film incorporated with lemongrass (Cymbopogon citratus) oil*. Intl. Food Res. J. 15(2): 233–236.
- Mc Hugh, T. H and J. M. Krochta, 1994. *Permeability Properties of Edible film*, Dalam Krochta, J. M. , E. A. Baldwin and M.O. Nisperos – Carriedo (Eds), *Edible coating and Film to Improve Food Quality*, TechnomicPubl. Co. Inc. ,Lancaster, Basel
- Miksusanti, Jennie BSL, Syarief R, Ponjto B, Trimulyadi G. 2008. Kerusakan dinding sel Escherichia coli K1.1 oleh minyak atsiri temu kunci (Kaempferia pandurata Roxb). Berita Biologi LIPI 9(1):1-8.
- Moeljanto RD, Mulyono. Khasiat & manfaat daun sirih (obat mujarab dari masake masa). Jakarta: Agromedia Pustaka,2003:9.
- Moreira, M. R., Ponce, A., Del Valle, C. E., & Roura, S. I. (2009). *Edible coatings on fresh squash slices: Effect of film drying temperature on the nutritional and microbiological quality*. Journal of Food Processing and Preservation, 33, 226–236.
- Muchtadi, D. 1992. Fisiologi Pasca Panen Sayuran dan Buah-buahan. Petunjuk Laboratorium. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi IPB, Bogor.
- Mulia W.A., Ardiyansyah. 2016. Pabrikasi *Edible Film* dari *Carboxy Methil Cellulose* (CMC) dan Minyak Jahe sebagai Upaya Peningkatan Umur Simpan Roti. Politeknik Negeri Jember. Jember
- Nalina T, Rahim ZHA. *The crude aqueous extract of piper betel L and its antibacterial affect towards streptococcus mutans*. Am J Biochem & Biotech 2007;3(1):10-5.
- Netty Kamal. 2010. Pengaruh Bahan Aditif Cmc (Carboxyl Methyl Cellulose) Terhadap Beberapa Parameter Pada Larutan Sukrosa. ITENAS. Bandung.
- Nisperos-Carriedo, M.O. 1994. *Edible coatings and Films Based on Polysaccharides*. Di dalam : Krochta, J.M., Baldwin, E.A., dan Nisperos Carriedo, M.O. (Eds), *Edible coatings and Films to Improve Food Quality*. Technomic Publishing Company Inc., Lancaster Pennsylvania, p. 305-335
- Oluwaseun, A. C., Kayode, Bolajoko, & Bunmi. 2013. *Effects of Coatings on Storability of Carrot Under Evaporative Coolant System*. Albanian Journal of Agricultural Sciences
- Paramawati R. 2001. Kajian Fisik dan Mekanik Terhadap Karakteristik Film Kemasan Organic dari a-xein Jagung [disertasi]. Bogor: Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Perera, C.O. 2007. *Minimal Processing of Fruits and Vegetables*. Di dalam: Rahman, M. S. (Ed), *Handbook of Food Preservation*, 2nd Ed. CRC Press, New York, p. 137-150.

- Perdones, L. Sánchez-González, A. Chiralta, M. Vargasa. 2012. *Effect of chitosan-lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry*. *Postharvest Biology and Technology*. 72: 32-41.
- Prakash, B., Shukla, Singh, Kumar, Dubey. 2010. *Efficacy of chemically characterized Piper betle L. essential oil against fungal and aflatoxin contamination of some edible commodities and its antioxidant activity*. *International Journal of Food Microbiology*. 142: 115-119
- Pranoto, Y., V.M. Salokhe, and S.K. Rakshit. 2005. *Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil*. *J. Food Res. Intl*. 38: 267-272.
- Polnaya, F.J., Haryadi, and D.W. Marseno. 2006. *Karakterisasi Edible Film Pati Sagu Alami Dan Termodifikasi*. *Agritech* 26: 179-185.
- Purwatiningsih S, Sjachriza A, Rachmanita. 2007. *Sintesis dan optimalisasi gel chitosan-karboksimetil selulosa*. *J Alchemy* 6:57-62.
- Rachel Prima N., Moch. Amin Alamsjah dan Sudarno. 2012. *Karakterisasi Edible Film Dari Pati Propagul Mangrove Lindur (Bruguiera gymnorrhiza) Dengan Penambahan Carboxymethyl Cellulose (CMC) Sebagai Pemplastis*. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Rajendran, R., Balakumar, C., Ahammed, H.A, Jayakumar, S, 2010, *Use of zinc oxide nano particles for production of antimicrobial textiles*, *International Journal of Engineering, Science and Technology*, Vol. 2, No. 1, 2010, pp. 202-208
- Rolle, S.R., Chism, W.G.III., 1987. *Physiological Consequences of Minimally Processed Fruits and Vegetables*
- Rojas-Graü, M.A., Sobrino-López, A., Tapia, M.S., Martín-Belloso, O., 2006a. *Browning inhibition in fresh-cut "Fuji" apple slices by natural antibrowning agents*. *Journal of Food Science* 71, S59-S65.
- Rojas-Graü, M. A., Tapia, M. S., and Martin-Belloso, O. 2008. *Using Polysaccharide-based Edible coatings to Maintain Quality of Fresh-cut Fuji Apples*. *Lebensmittl Wissenschaft und Technologie* 41: 139-147.
- Rojas-Graü, M. A., Tapia, M. S., Rodriguez, F. J., Carmona. A. J., and Martin Belloso, O. 2007. *Alginate and Gellan Based Edible coatings as Support of Antibrowning Agents Applied on Fresh-cut Fuji Apple*. *Food Hydrocolloids* 21: 118-127
- Saftner, R.A., Abbott, J.A., Bhagwat, A.A., Vinyard, B.T., 2005. *Quality measurement of intact and fresh-cut slices of Fuji, Granny Smith, Pink Lady, and GoldRush apples*. *Journal of Food Science* 70, 317-324.
- Sri Wahyuni, Harso Pawignyo, Desi Widyawati, dan Novita Sari. 2013. *Pembuatan Edible Film dari Tepung Jagung (Zea mays L.) dan Kitosan*. *Prosiding Seminar Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia Yogyakarta, 5 Maret 2013*. UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Sokovic, M., Glamoclija, J., Marin, P.D., Brkic, D. & Griensven, L.J.L.D., 2010, *Antibacterial Effect of the Essential Oils of Commonly Consumed Medicinal Herbs Using an In Vitro Model*, *Molecules*, 15 (10),7532-7546.

- Suppakul, P., J. Miltz, K. Sonneveld, and S.W. Bigger. 2003. *Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications*. J. Food Sci. 68: 408–420.
- Sucipto, A. 2008. Phenol dan Aktifitas Enzim. naksara.blogspot.com [25 Maret 2008].
- Stuchell, Y and J. N. Krochta. 1994. *Enzymatic Treatments and Thermal Effects on Edible Soy Protein Films*. J. Food Science 59(6): 1332-1337
- Safitri, A. R., 2011, Formulasi dan Uji Aktivitas Antijamur Emulgel Minyak Sereh (*Cymbopogon citrates* (DC) Stapf terhadap *Candida albicans* dengan Metode Sumuran, Skripsi, Universitas Jember.
- Sara Sayanjali, Babak Ghandarbazeh, and Shiva Ghiassifar. 2011. *Evaluation of Antimicrobial and Physical Properties of Edible Film Based on Carboxymethyl Cellulose Containing Potassium Sorbate on Some Mycotoxigenic Aspergillus Species in Fresh Pistachios*. LWT – Food Science and Technology.
- Tongnuanchan, P., Benjakul, S., and Prodpran, T. 2012. *Properties and Antioxidant Activity of Fish Skin Gelatine Film Incorporated with Citrus Essential Oils*. Food Chemistry, Vol. 134 No. 3, 1571–1579.
- Ulfa Maulidia Khumairoh. 2016. Pengaruh Konsentrasi Gliserol Dan Konsentrasi CMC Terhadap Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Ampas Rumput Laut *Eucaema cottonii*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Upadhyay, K. R., Dwivedi, P. & Ahmad, S., 2010, *Screening of Antibacterial Activity of Six Plant Essential Oils Against Pathogenic Bacterial Strains*, *Asian Journal of Medical Sciences*, 2(3), 152-158
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernandez-Lopez, J., & Perez-Alvarez, J. A. 2008. *Antibacterial activity of different essential oils obtained from spices widely used in Mediterranean diet*. *International Journal of Food Science & Technology*, 43, 526-531.
- Winarno, F. G. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT. Gramedia, Jakarta.
- Wambura P., Yang W. & Mwakatage N. R. (2008). *Effects of sonication and edible coating containing rosemary and tea extracts on reduction of peanut lipid oxidative rancidity*. *Food and Bioprocess Technology*, DOI: 10.1007/s11947-008-0150-2, in press.
- Xu, Y.X., K.M. Kim, M.A. Hanna and D. Nug, 2005. *Chitosan–starch composite film: Preparation and characterization*. *Industrial Crops Products*, 21: 185-192. DOI: 10.1016/j.indcrop.2004.03.002
- Yeti Rusmiati Hasanah, Khasanah, Wibiana, Haryanto. 2016. Pengaruh Penambahan CMC (Carboxymethyl Cellulose) Terhadap Tingkat Degradabilitas dan Struktur Permukaan Plastik Ramah Lingkungan. Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) 4 2016