

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung garut. Tepung tersebut diperoleh dari penepungan umbi garut yang diperoleh dari Desa Pakis Kabupaten Malang. Karakteristik bahan baku yang diamati antara lain adalah kadar air, kadar pati, kadar amilosa, kadar serat kasar, rendemen dan tingkat kecerahan. Hasil analisa tepung umbi garut dibandingkan dengan literatur dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Karakteristik Tepung Garut Hasil Analisa dengan Literatur

Parameter	Tepung Garut	
	Literatur Marsono (2005)	Analisa
Tingkat Kecerahan(L*)	-	76,4
Rendemen (%)	21,44	18,13
Kadar air (%)	11,9	10,03
Kadar Pati (%)	63,26	58,61
Kadar Amilosa (%)	25,94	24,3
Kadar Serat Kasar (%)	-	0,57

Berdasarkan hasil analisa warna pada tepung garut Tabel 4.1 diperoleh nilai kecerahan(L*) sebesar 76,4. Kecerahan yang dihasilkan tergolong cukup tinggi karena tepung yang dihasilkan putih dan bersih. Warna tepung garut dapat mempengaruhi kenampakan dari *edible* yang dihasilkan. Pembuatan *edible* yang terbuat dari tepung diharapkan tidak berwarna atau jernih (Krochta *et al.*, 1994).

Kadar air tepung garut hasil analisa sebesar 10,03%, lebih rendah daripada hasil literatur yaitu 11,9%. Hal ini dimungkinkan disebabkan oleh bedanya pengeringan pada waktu pembuatan tepung garut sehingga terdapat perbedaan kadar air. Selain itu faktor lain yang dapat mempengaruhi perbedaan hasil kadar air adalah perbedaan kultivar yang digunakan, dimana masing-masing kultivar memiliki kadar air yang berbeda, dimana menurut Azizah (2007), komposisi kimiawi bahan pangan dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan antara lain suhu, cahaya, proses pengolahan bahan baku, tingkat kedalaman dan ditanam di lahan yang berbeda, maka komposisi kimianya juga akan berbeda. Menurut Winarno (2004), air merupakan komponen penting dalam bahan pangan. Kadar air yang terdapat pada bahan pangan tidak hanya mempengaruhi stabilitas bahan pangan tetapi juga mengontrol pertumbuhan mikroorganisme. Pengeringan pada pati

bertujuan untuk mengurangi kadar air sampai batas tertentu sehingga pertumbuhan mikroba dan aktivitas enzim penyebab kerusakan pada tepung dan pati dapat dihambat. Batas kadar air mikroba masih dapat tumbuh ialah 14-15% (Purnomo, 2005).

Kadar pati garut yang terdapat pada tepung hasil analisa adalah 58,61%. Hal ini tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian Marsono (2005) bahwa kadar pati garut 63,26%. Kadar pati umbi garut dipengaruhi oleh umur umbi garut. Selain itu kandungan pati juga dipengaruhi oleh cara ekstraksi sehingga adanya senyawa-senyawa seperti protein, lemak, dan serat bahan segar akan menentukan tingkat kemurnian pati (Ginting dkk., 2004). Keberadaan pati sebagai senyawa utama yang dibutuhkan dalam pembuatan *edible paper* karena pati mampu berperan dalam mempengaruhi karakter fisik dan kimia *edible*. Pati mengandung fraksi linier dan bercabang dalam jumlah tertentu. Fraksi linier berupa amilosa, sedangkan sisanya amilopektin. Kadar amilosa dan amilopektin sangat berperan pada saat proses gelatinisasi, retrogradasi dan lebih menentukan karakteristik pasta pati (Jane *et al.*, 1999).

Amilosa merupakan salah satu penyusun pati selain amilopektin. Pati garut tergolong pati dengan kadar amilosa cukup tinggi, dimana perbandingan antara amilosa dan amilopektin sebesar 25,95 dan 74,05. Menurut Winarno (2004) bahwa penggolongan pati berdasarkan perbandingan amilosa-amilopektin dalam 4 tipe yaitu : (1) kadar amilosa tinggi 25-33%, (2) kadar amilosa menengah 20-25%, (3) kadar amilosa rendah 9-20% dan (4) kadar amilosa sangat rendah <9%. Kadar amilosa yang tinggi pada pati tersebut mampu menjadikannya salah satu bahan yang dapat digunakan untuk pembuatan *edible*, dimana semakin tinggi kadar amilosa maka akan mempengaruhi sifat fisik *edible*. Menurut Whistler *and* pascal (2000) *paper* yang kompak dan kuat dapat dibuat dari pati yang mengandung amilosa tinggi. Peran amilopektinnya juga cukup penting terutama pada parameter elongasi. Dimana sifat amilopektin ini berbeda dengan amilosa karena mempunyai banyak percabangan, seperti retrogradasi lambat dan pasta yang terbentuk tidak membentuk gel yang kuat tetapi bersifat lengket (kohesif) dan elastis (*gummy texture*) (Estiasih, 2006). Adanya perbedaan nilai komposisi antara penelitian dan literatur disebabkan oleh varietas garut yang digunakan berbeda. Selain itu juga dapat disebabkan oleh perbedaan umur panen, musim serta iklim daerah penanaman. Elliason *and* Gudmundson (2001) menyatakan

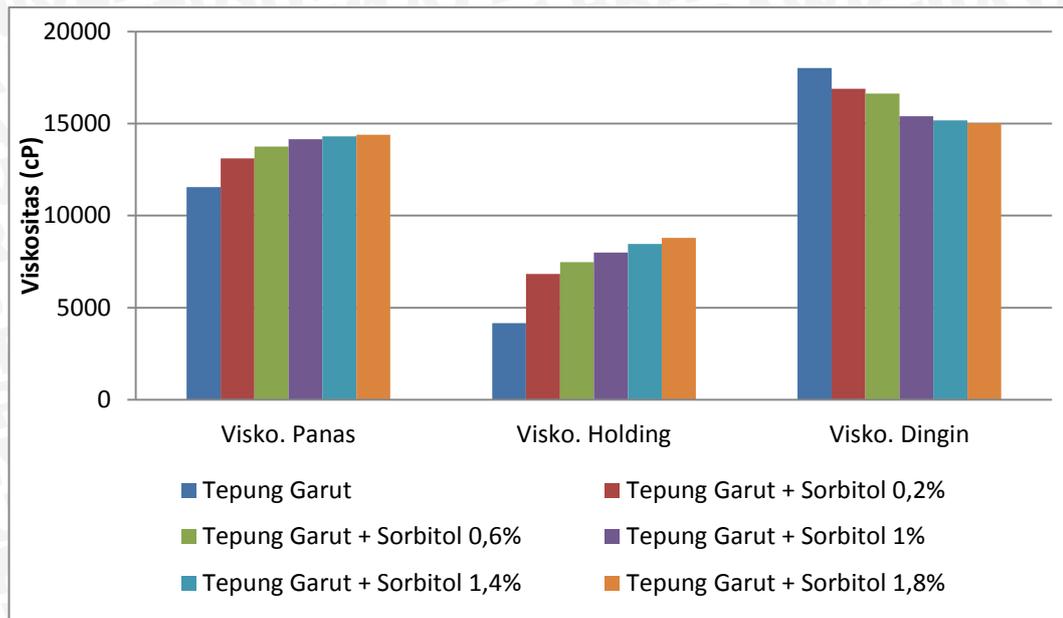
bahwa keunikan granula pati yaitu meski berasal dari sumber tanaman yang sama namun sifat yang dimiliki belum tentu sama.

Kadar serat yang didapat pada penelitian sebesar 0,57%. Kandungan serat yang lebih tinggi pada tepung garut dapat meningkatkan nilai tambah sebagai bahan makanan. Serat dalam bahan pangan mempunyai sifat positif bagi gizi dan metabolisme pada batas-batas yang masih diterima oleh tubuh yaitu 100mg/kg berat badan/ hari (Febriyanti dan Wirakarta Kusumah, 1991). Selain dipengaruhi oleh umur panen (Antarlina, 1992).

Rendemen yang diperoleh dari hasil penepungan umbi garut sebesar 18,13%. Rendemen tepung merupakan perbandingan berat tepung yang diperoleh dengan berat bahan segarnya. Rendemen tepung tidak berpengaruh secara langsung terhadap mutu produk yang dihasilkan, namun rendemen berdampak pada aspek ekonomi pengolahan tepung sebab hasil tepung yang tinggi akan lebih menguntungkan. Umbi garut yang digunakan dalam penelitian ini memiliki rendemen lebih tinggi dibanding ubikelapa yaitu 8,56%, umbi ganyong 12,93% , suweg 11,56% (Richana dan Chandra, 2004). Dengan demikian ditinjau dari hasil rendemennya garut sangat potensial untuk dikembangkan menjadi tepung maupun pati.

4.2 Karakteristik Pasta Tepung Garut dan Sorbitol

Campuran tepung garut dan sorbitol yang akan dibuat menjadi edible paper terlebih dahulu diukur viskositas. Viskositas (kekentalan) menyatakan gesekan dalam fluida atau gaya tahan (hambatan) suatu larutan untuk mengalir. Fluida yang sangat kental memerlukan gaya yang lebih besar untuk mengalir, sedangkan fluida yang sangat kental memerlukan gaya yang kecil (viskositas rendah). Prinsip pengukuran viskositas adalah mengukur ketahanan gesekan cairan dua lapisan molekul yang berdekatan (Streer dan Wylie 1995). Pada penelitian digunakan viskometer Brookfield spindle no 4 dengan kecepatan putar 30rpm. Cara mengukur nilai viskositasnya, yaitu viskositas panas (V_p) pada suhu 93 ± 2 °C, viskositas holding (V_h) pada suhu 93 ± 2 °C yang dipertahankan selama 10 menit serta viskositas dingin atau akhir (V_a) pada suhu 50 ± 2 °C. Karakteristik viskositas pasta tepung garut dan sorbitol disajikan dalam gambar 4.1.



Gambar 4.1 Karakteristik Viskositas Pasta Tepung garut dan Sorbitol

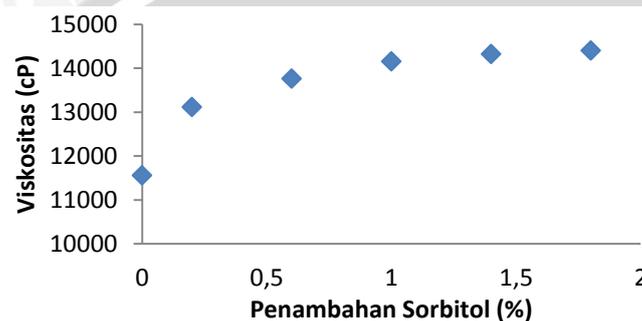
Karakteristik pasta tepung garut menunjukkan perbedaan mendasar dibandingkan dengan campuran tepung garut dan sorbitol. Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa viskositas pasta tepung garut tanpa penambahan sorbitol mengalami penurunan atau *breakdown* pada saat *holding*. Viskositas dingin/akhir dari tepung garut tanpa penambahan sorbitol juga lebih tinggi dibanding tepung garut dengan penambahan sorbitol.

Karakteristik gelatinisasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti suhu, kelembaban isi dari pati-air campuran, kristalinitas pati, sumber botani pati, dan kondisi lingkungan seperti tekanan, kerusakan mekanis, modifikasi fisik (misalnya anil dan panas-kelembaban pengobatan), dan modifikasi kimia (misalnya substitusi). Selain itu, suhu gelatinisation dapat meningkat dengan adanya pelarut seperti gula atau garam, yang dapat menghambat masuknya pelarut ke dalam granul (Tester et al., 1999). Dikonversi pati, dekstrin misalnya, yang memiliki *paper* yang bagus membentuk kapasitas, dapat digunakan dengan tinggi gula solusi untuk menghasilkan lapisan yang stabil dan fleksibel (Taggart, 2004).

Plasticizer seperti gliserol, sorbitol dan polietilen glikol memiliki viskositas rendah yang bila ditambahkan akan memberikan sifat fleksibilitas. Garcia *et al* (1999) dalam Lewerissa (2005) mengemukakan bahwa *plasticizer* yang digunakan harus kompatibel dengan polimer pembentuk *paper* dan merupakan komponen yang hidrofilik seperti gliserol dan sorbitol.

4.2.1 Karakteristik Viskositas Panas

Viskositas panas merupakan salah satu parameter dalam pengamatan kerekarakteristik viskositas pasta pati yang dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan granula pati dalam membentuk pasta selama proses pemanasan. Hasil analisa menunjukkan bahwa rerata viskositas panas pati akibat penambahan sorbitol pada tepung garut berkisar antara 11550 cP-14400 cP.



Gambar 4.2 Viskositas Panas Tepung Garut Akibat Penambahan Sorbitol

Rerata viskositas panas bahan baku *edible paper* cenderung meningkat dengan semakin besar konsentrasi sorbitol yang ditambahkan. Rerata viskositas panas tertinggi bahan baku *edible paper* adalah perlakuan dengan penambahan konsentrasi sorbitol 1,8% (v/bpati) yaitu 14400 cP. Sedangkan rerata viskositas panas terendah yaitu pada perlakuan tanpa penambahn sorbitol yaitu 11550 cP. Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi sorbitol berpengaruh nyata pada $\alpha=0,05$ terhadap viskositas panas dari bahan baku *edible paper*.

Tabel 4.2 Rerata Viskositas Pasta Bahan Baku Edible Paper akibat penambahan Sorbitol

Proporsi Sorbitol (%v/b _{pati})	Viskositas Panas (cP)	BNT (0,05)
0	11550a	
0,2	13110b	153,07
0,6	13760c	
1	14150d	
1,4	14320e	
1,8	14400e	

Ket: Nilai yang didampingi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ($\alpha=0,05$)

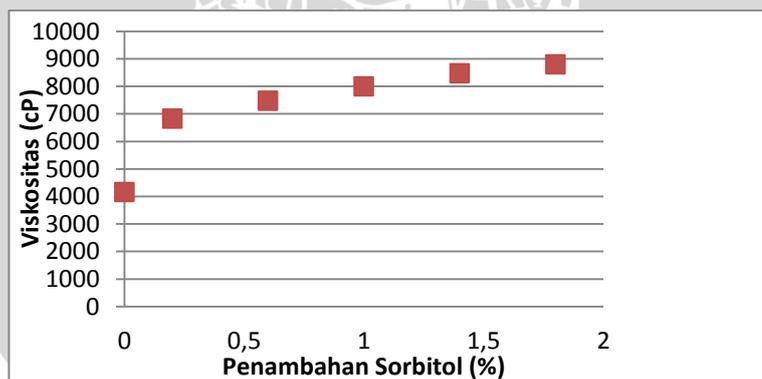
Berdasarkan hasil uji BNT ($\alpha=0,05$), pada perlakuan tanpa penambahan sorbitol berbeda nyata dengan penambahan sorbitol 0,2%. Sedangkan perlakuan penambahan sorbitol 1,8% tidak berbeda dengan penambahan sorbitol 1,4 %.

Sifat amilosa dan amilopektin sebagai komponen utama pati penting untuk menciptakan tekstur makanan. Amilopektin yang sangat bercabang dapat meningkatkan viskositas adonan dan ekspansi, yang pada gilirannya dapat menghasilkan ringan, produk renyah, dan diperluas. Amilosa mungkin memperkuat adonan, yang meningkatkan membentuk, dan memotong sifat. Sebagai konsekuensinya, tekstur akhir yang lebih renyah dapat diperoleh (Taggart, 2004).

4.2.2 Karakteristik Viskositas Holding

Viskositas Holding menunjukkan kemampuan mempertahankan nilai viskositas panas yang dimiliki suatu pasta, merupakan ukuran daya tahannya terhadap pemanasan berkelanjutan dan gaya mekanis.

Hasil analisa menunjukkan bahwa rerata viskositas holding pati akibat penambahan sorbitol berkisar antara 4160 cP- 8800 cP (Lampiran 2). Perubahan viskositas holding akibat penambahan sorbitol dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.3 Viskositas Holding Tepung Garut Akibat Penambahan Sorbitol

Penambahan konsentrasi sorbitol dapat menaikkan kestabilan pati terhadap panas berkelanjutan dan gesekan selama pemasakan yang ditandai dengan meningkatnya nilai viskositas holding. Rerata viskositas tertinggi bahan baku pembuatan edible paper yaitu pada perlakuan penambahan sorbitol 1,8%

yaitu sebesar 8800 cP, sedangkan rerata terkecil pada perlakuan tanpa penambahan sorbitol yaitu 4160 cP. Hasil analisa ragam (Lampiran 2) menunjukkan bahwa perlakuan penambahan konsentrasi sorbitol berbeda nyata pada $\alpha=0,05$ terhadap viskositas bahan baku *edible paper*.

Tabel 4.3 Rerata Viskositas Holding Bahan Baku Edible Paper akibat penambahan Sorbitol

Proporsi Sorbitol (%v/b _{pati})	Viskositas Holding (cP)	BNT (0,05)
0	4160a	
0,2	6830b	482,31
0,6	7470b	
1	8000c	
1,4	8470c	
1,8	8800c	

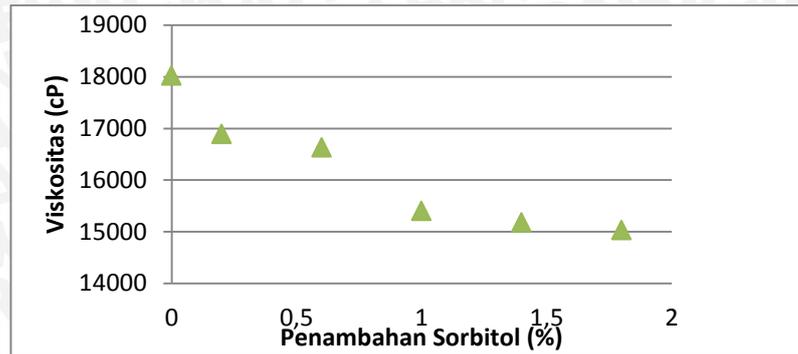
Ket: Nilai yang didampingi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ($\alpha=0,05$)

Berdasarkan hasil uji BNT ($\alpha=0,05$), pada perlakuan tanpa penambahan sorbitol berbeda nyata dengan penambahan sorbitol 0,2%. Sedangkan perlakuan penambahan sorbitol 0,2% tidak berbeda dengan penambahan sorbitol 0,6 %. Begitu juga dengan penambahan sorbitol 1%, 1,4% dan 1,8%, hal ini diduga terlalu kecilnya jarak perlakuan yang diberikan.

4.2.3 Karakteristik Viskositas Dingin

Viskositas dingin atau final merupakan pengukuran viskositas saat pasta didinginkan hingga mencapai suhu 50°C, yaitu parameter yang menunjukkan kemampuan pati dalam membentuk gel selama dimasak dan didinginkan (Indrastuti, 2012). Semakin tinggi nilai viskositas dingin menunjukkan semakin cepat campuran bahan baku edible paper mengalami retrogradasi.

Pada umumnya pati mempunyai nilai viskositas dingin yang lebih tinggi daripada panas, ini terjadi disebabkan oleh retrogradasi pati, yaitu bergabungnya rantai molekul amilosa yang berdekatan melalui ikatan hidrogen intermolekuler (rekristalisasi) (Indrastuti, 2012). Perubahan rerata viskositas dingin akibat penambahan konsentrasi sorbitol dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Viskositas Dingin Tepung Garut Akibat Penambahan Sorbitol

Hasil analisa menunjukkan bahwa rerata viskositas dingin pati akibat penambahan konsentrasi sorbitol berkisar antara 18020 cP- 15030 cP (Lampiran 3). Penambahan konsentrasi sorbitol dapat memperlambat kecepatan retrogradasi dari campuran bahan baku *edible paper*. Rerata viskositas dingin tertinggi bahan baku edible paper adalah pada perlakuan tanpa penambahan sorbitol yaitu sebesar 18020 cP dan terkecil pada perlakuan penambahan sorbitol 1,8% yaitu 15030 cP.

Tabel 4.4 Rerata Viskositas Dingin Bahan Baku Edible Paper akibat penambahan Sorbitol

Proporsi Sorbitol (%v/b _{pati})	Viskositas Dingin (cP)	BNT (0,05)
0	18020e	
0,2	16890d	175,92
0,6	16630c	
1	15400b	
1,4	15180a	
1,8	15030a	

Ket: Nilai yang didampingi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ($\alpha=0,05$)

Hasil analisa ragam (Lampiran 3) menunjukkan bahwa perlakuan penambahan konsentrasi sorbitol berbeda nyata pada $\alpha=0,05$ terhadap viskositas dingin bahan baku *edible paper*. Berdasarkan hasil uji BNT ($\alpha=0,05$), pada perlakuan tanpa penambahan sorbitol berbeda nyata dengan penambahan sorbitol 0,2%, hal ini menandakan dengan penambahan sorbitol sebanyak 0,2 % sudah berpengaruh terhadap viskosita dingin dari campuran bahan baku *edible*

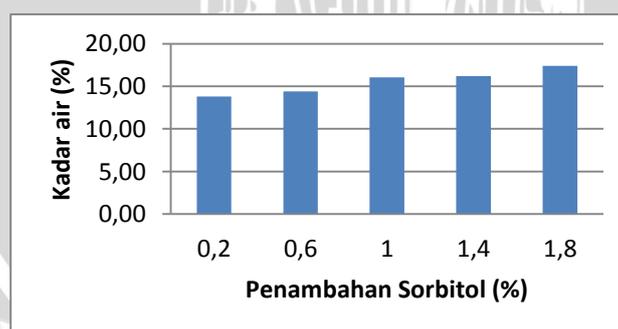
paper. Sedangkan perlakuan penambahan sorbitol 1,4% tidak berbeda dengan penambahan sorbitol 1,8 %.

Nilai viskositas akan berpengaruh terhadap karakteristik fisik dan mekanik dari *edible paper*. Campuran tepung garut dan sorbitol yang dicetak pada teflon, dan dipanaskan pada kompor kemudian didiamkan pada suhu kamar hingga membentuk lembaran. *Edible paper* yang dihasilkan dilakukan uji kimia, fisik dan mekanik yang meliputi uji ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan (elongasi), laju tranmisi uap air dan warna.

4.3 Karakteristik Kimia *Edible Paper*

4.3.1 Kadar Air

Air merupakan komponen penting dalam bahan pangan. Air dapat mempengaruhi penampakan, tekstur dan cita rasa dari bahan pangan tersebut. Kadar air yang terdapat dalam bahan pangan tidak hanya mempengaruhi stabilitas bahan pangan tetapi juga mengontrol pertumbuhan mikroorganisme (Purnomo, 1990). Rerata kadar air *edible paper* yang didapatkan dari hasil analisa berkisar antara 10,78%-14,40%. Rerata kadar air meningkat dengan penambahan sorbitol. Rerata kadar air yang paling tinggi diperoleh pada perlakuan proporsi sorbitol 1,8% sebesar 14,40%, sedangkan rerata kadar air paling rendah diperoleh pada perlakuan proporsi sorbitol 0,2% sebesar 10,78%. Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara kadar air *edible paper* dengan perlakuan proporsi sorbitol.



Gambar 4.5. Kadar air akibat penambahan sorbitol

Hasil analisa ragam kadar air *edible paper* (Lampiran 4) akibat pengaruh penambahan sorbitol memberikan pengaruh nyata, namun interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air *edible paper* tepung garut.

Nilai rerata kadar air edible paper garut dengan penambahan sorbitol dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Rerata Kadar Air *Edible Paper* Akibat Pengaruh Proporsi Sorbitol

Proporsi (%v/b _{pati})	Sorbitol	Kadar (%)	Air BNT (0,05)
0,2		10,78a	
0,6		12,72ab	1,02
1		13,56b	
1,4		13,87b	
1,8		14,40b	

Ket: Nilai yang didampingi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ($\alpha=0,05$)

Makin tinggi konsentrasi sorbitol dapat meningkatkan kadar air *edible paper*. Kadar air merupakan parameter penting untuk menentukan efek *plasticizing* air pada *film* biopolimer (Anker *et al.*, 2009). Sorbitol merupakan plasticizer yang bersifat hidrofilik sehingga mempunyai kemampuan mengikat air. Peningkatan konsentrasi sorbitol mengakibatkan air yang tertahan dalam matriks *edible paper* semakin meningkat. Hasil penelitian Moates *et al.*, (2005) menunjukkan bahwa penggunaan sorbitol sebagai *plasticizer* pada *film cassava starch* menghasilkan nilai kadar air yang besar. Winarno (2002) menyatakan bahwa granula pati mempunyai kemampuan menyerap air yang sangat besar karena banyaknya gugus hidroksil pati.

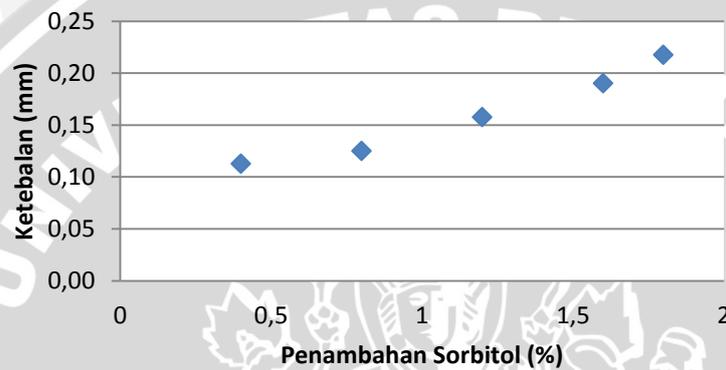
4.4 Karakteristik Fisik *Edible Paper*

Sifat fisik atau mekanik dipengaruhi oleh besarnya jumlah kandungan komponen - komponen penyusun *edible paper* yaitu sorbitol. Sorbitol sebagai *plasticizer* dapat memberikan sifat elastis, jumlah komposisinya bervariasi sehingga dapat memberikan efek yang berbeda. Sifat fisik yaitu properti terukur yang menjelaskan kondisi fisik suatu sistem. Sifat fisik yang diuji dalam penelitian ini meliputi ketebalan dan warna (kecerahan dan kekuningan).

Sifat mekanik yaitu perlakuan bahan yang dihubungkan dengan aplikasi gaya. Sifat mekanik yang diuji dalam penelitian ini meliputi *tensile strength*, elongasi, transmisi uap air.

4.4.1 Ketebalan

Ketebalan merupakan salah satu parameter yang diukur untuk mengetahui karakteristik *edible paper* yang dibuat. Ketebalan *edible paper* merupakan salah satu parameter penting yang berpengaruh terhadap penggunaan *edible paper* dalam pembentukan produk yang akan dikemasnya (Suryaningrum dkk, 2005). Hubungan ketebalan edible paper dengan perbedaan sorbitol divisualisasikan pada Gambar 4.6 dan data pengukuran ketebalan disajikan pada Lampiran 5.



Gambar 4.6 Pengaruh Sorbitol terhadap Ketebalan Edible Paper Berbasis Tepung Garut

Rerata ketebalan *edible paper* tepung garut berkisar 0,12-0,16 mm. Hasil analisa ragam (Lampiran 5) menunjukkan bahwa faktor konsentrasi proporsi sorbitol memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=0,05$) terhadap ketebalan *edible paper*. Nilai rerata ketebalan *edible paper* akibat penambahan proporsi sorbitol ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Rerata Ketebalan *Edible Paper* Akibat Pengaruh Proporsi sorbitol

Proporsi sorbitol (%v/b _{pati})	Ketebalan (mm)	BNT (0,05)
0,2	0,12a	
0,6	0,13ab	0,009
1	0,14bc	
1,4	0,15cd	
1,8	0,16d	

Keterangan: Nilai yang didampingi huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata ($\alpha=0,05$)

Secara visual, perbedaan konsentrasi sorbitol memberikan pengaruh yang berbeda terhadap ketebalan dan daya elastis dari *edible paper* yang dihasilkan. *Edible paper* dengan konsentrasi sorbitol 0,2% (b/v) cenderung lebih tipis dan kurang elastis dibandingkan *edible paper* dengan sorbitol 1,8% (b/v).

Dari Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa penambahan sorbitol mempengaruhi ketebalan *edible paper* yang dihasilkan. *Edible paper* dengan penambahan sorbitol 0,2% (b/v) memiliki ketebalan yang tidak berbeda nyata dengan penambahan konsentrasi sorbitol 0,6% (b/v). Untuk penambahan sorbitol 0,2% (b/v) berbeda nyata dengan penambahan sorbitol 1,4 % (b/v).

Hal ini disebabkan karena semakin banyak konsentrasi sorbitol yang ditambahkan akan menyebabkan air yang terikat di dalam *edible paper* juga semakin besar sehingga ketebalan *edible paper* juga semakin bertambah (Marseno, 2003). Ketebalan *edible paper* dipengaruhi oleh luas cetakan, volume larutan, dan banyaknya total padatan dalam larutan (Park *et al*, 1993). Ditambahkan oleh Bourtoom (2007) bahwa *plasticizer* dapat berikatan dengan pati membentuk polimer pati-*plasticizer*. Ikatan antara pati dengan pati digantikan dengan ikatan antara pati- sorbitol- pati sehingga ketebalan meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi sorbitol dalam pasta.

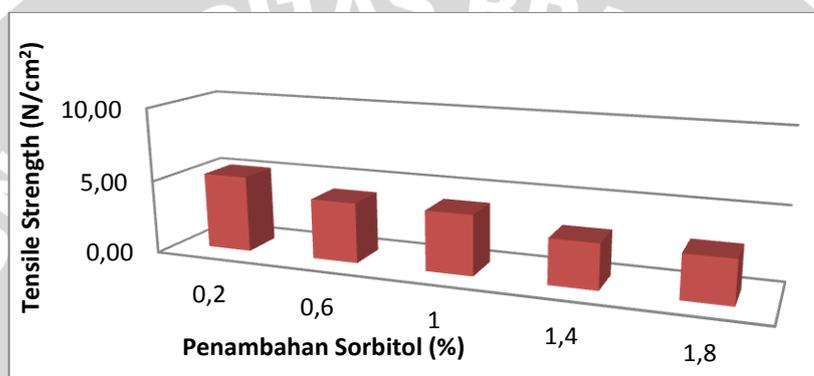
4.4.2 *Tensile Strength*

Tensile strength dan persen pemanjangan merupakan sifat mekanik yang penting bagi *edible paper*. *Tensile strength* atau kekuatan regang putus merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai dapat tetap bertahan sebelum putus atau robek (Krochta and De Mulder Johnston, 1997). Pengukuran kekuatan regang putus berguna untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area untuk merenggang atau memanjang. Semakin tinggi rerata nilai *tensile strength* maka kekuatan dalam menahan tekanan yang diberikan semakin baik dan sebaliknya semakin kecil rerata nilai *tensile strength* maka kekuatannya menahan tekanan kurang baik.

Pengukuran nilai *tensile strength* ini bertujuan untuk mengetahui besarnya gaya yang diperlukan untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap luas area. Sifat *tensile strength* tergantung pada konsentrasi dan jenis bahan penyusun *edible paper* terutama sifat kohesi struktural. Kohesi struktural adalah

kemampuan polimer untuk menentukan kuat atau tidak ikatan antar rantai molekul antar rantai polimer (Bertuzzi *et al.*, 2007).

Rerata tensile strength edible paper perlakuan penambahan sorbitol berkisar antara 2,13 N/cm² sampai 4,78 N/cm². Penambahan sorbitol akan menurunkan tensile strength dari edible. Edible dengan penambahan sorbitol 0,2% menghasilkan nilai kuat tarik terbesar yaitu sebesar 4,78 N/cm², sedangkan nilai kuat tarik terendah dihasilkan oleh edible paper dengan penambahan sorbitol,1,8 % yaitu sebesar 2,13 N/cm². Grafik yang menunjukkan rerata tensile strength edible paper akibat perlakuan penambahan sorbitol dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 . Grafik Rerata Tensile Strength Edible Paper akibat pengaruh Penambahan Sorbitol

Hasil analisa ragam (Lampiran 6) menunjukkan bahwa faktor proporsi sorbitol memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=0,05$) terhadap *tensile strength* . Rerata *tensile strength* akibat perlakuan proporsi sorbitol dapat dilihat pada Tabel 4.7.

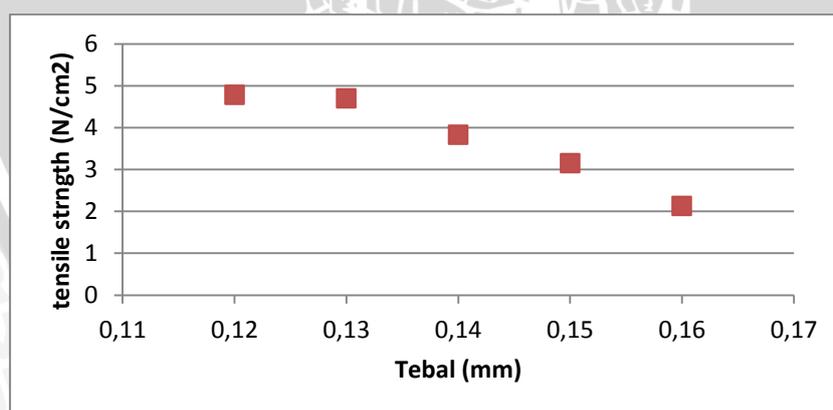
Tabel 4.7. Rerata *Tensile Strength Edible Paper* Akibat Pengaruh Proporsi Sorbitol

Proporsi Sorbitol (%v/b _{pati})	<i>Tensile Strength</i> (N/cm ²)	BNT (0,05)
0,2	4,78d	
0,6	4,70cd	2,83
1	3,83bc	
1,4	3,15b	
1,8	2,13a	

Keterangan: Nilai yang didampingi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ($\alpha=0,05$)

Pada Tabel 4.7. dapat dilihat bahwa perlakuan penambahan sorbitol dapat mengakibatkan penurunan nilai *tensile strength* dari *edible paper*. Diduga dengan penambahan sorbitol dengan proporsi yang semakin tinggi akan menurunkan tegangan antar molekul yang menyusun matriks sehingga *edible paper* semakin lemah terhadap perlakuan mekanis yang semakin tinggi. Hal ini dikarenakan dengan penambahan proporsi sorbitol yang semakin tinggi akan menurunkan kemantapan sistem dispersi dari padatan sehingga menghasilkan sifat fisik yang lebih lemah terhadap *edible paper*. Menurut Gontard *et al.*, (1993) menyatakan bahwa *plasticizer* akan menurunkan gaya intermolekuler yang berlebihan pada polimer pembentuk *edible*. Menurut Druchta and Catherine, (2004), kekuatan tarik suatu bahan timbul sebagai reaksi dari ikatan polimer antara atom-atom atau ikatan sekunder antar rantai polimer terhadap gaya luar yang diberikan. Penambahan sorbitol diduga akan menyebabkan penurunan gaya tarik antar molekul pati pada saat terjadi penguapan air sehingga menyebabkan ketahanan terhadap perlakuan mekanis *paper* juga akan semakin jelek dan juga sorbitol akan memberikan sifat plastis dan lentur pada *edible paper* itu sendiri.

Tensile strength produk juga dipengaruhi oleh ketebalan *Edible Paper*. Semakin tebal *Edible Paper* menunjukkan nilai *tensile strength* semakin turun. Korelasi antar keduanya menunjukkan korelasi positif dengan persentase 94,8%. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.8 di bawah ini.



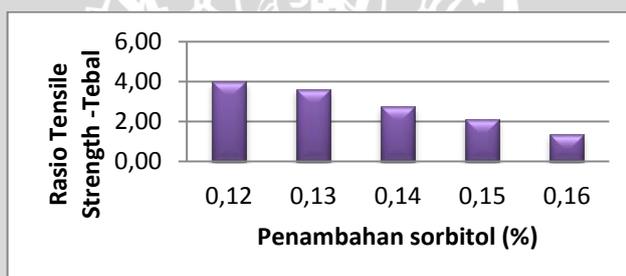
Gambar. 4.8 Grafik Korelasi antara Tebal dan *Tensile Strength*

Menurut Chen (2008) bahwa peningkatan konsentrasi sorbitol menghasilkan pengurangan interaksi intermolekuler dan peningkatan pergerakan dari rantai polimer, sehingga *tensile strength* akan turun. Rerata *tensile strength* terhadap tebal akibat perlakuan proporsi sorbitol dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Rerata *Tensile Strength* Edible Paper Akibat Pengaruh Tebal

Proporsi Sorbitol (%v/b _{pati})	<i>Tensile Strength</i> (N/cm ²)	Ketebalan (mm)	"Adjusted" <i>Tensile Strength</i> jika ketebalan 0,12 mm
0,2	4,78	0,12	$4,78 \times \frac{0,12}{0,12} = 4,78$
0,6	4,70	0,13	$4,70 \times \frac{0,12}{0,13} = 4,34$
1	3,83	0,14	$3,83 \times \frac{0,12}{0,14} = 3,28$
1,4	3,15	0,15	$3,15 \times \frac{0,12}{0,15} = 2,52$
1,8	2,13	0,16	$2,13 \times \frac{0,12}{0,16} = 1,60$

Berdasarkan tabel *tensile strength* dengan tebal juga dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan sorbitol, maka rasio *tensile strength* dan tebal juga semakin rendah. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Rasio *Tensile Strength*-Tebal akibat Penambahan sorbitol

Srinivasa *et al.*, (2006) melaporkan bahwa *edible* dengan penggunaan polioliol (gliserol, sorbitol dan polietilen glikol) dapat menurunkan kuat tarik *edible*. Keberadaan sorbitol sebagai *plasticizer* dapat menggantikan ikatan antar polimer menjadi ikatan antara polimer dengan *plasticizer* sehingga menghambat proses retrogradasi, dimana retrogradasi amilosa ini diperlukan dalam pembentukan gel yang kuat. Jika retrogradasi amilosa terhalang maka kekuatan gel yang terbentuk rendah yang diikuti dengan rendahnya kekuatan *paper* yang terbentuk sehingga akan menghasilkan *paper* dengan *tensile strength* yang rendah.

4.4.3 Elongasi

Elongasi adalah sifat mekanik yang erat hubungannya dengan sifat fisik *edible paper*. Menurut Macrogelaria, (1998) elongasi adalah deformasi yang terjadi pada saat bahan diberi suatu gaya dan mengalami perubahan ukuran maupun bentuk sebagai akibat regangan oleh gaya yang bekerja padanya sehingga menjadi lebih panjang. Elongasi menunjukkan perubahan panjang *edible paper* maksimum saat memperoleh gaya tarik sampai *edible paper* putus. Nilai elongasi menunjukkan kemampuan *paper* untuk memanjang. Sifat ini tergantung pada jenis bahan pembentukan *paper* yang akan mempengaruhi sifat kohesi struktur *edible paper* (Bertuzzi *et al.*, 2007).

Rerata nilai elongasi *edible paper* pada penelitian ini berkisar 15,61-34,60%. Hasil analisa ragam (Lampiran 7) menunjukkan bahwa faktor konsentrasi sorbitol memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=0,05$) terhadap elongasi *edible paper*. Rerata nilai elongasi akibat perlakuan proporsi sorbitol dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Rerata Elongasi *Edible Paper* Akibat Pengaruh Proporsi Sorbitol

Proporsi sorbitol (%v/ b_{pati})	Elongasi (%)	BNT (0,05)
0,2	15,61a	
0,6	23,31bc	6,19
1	23,97c	
1,4	29,27d	
1,8	34,60d	

Keterangan: Nilai yang didampingi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ($\alpha=0,05$)

Berdasarkan Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa peningkatan konsentrasi sorbitol pada pembentukan *edible paper* meningkatkan nilai elongasi *paper*. Semakin besar nilai elongasi *edible paper* maka kelenturannya semakin tinggi. Persentase elongasi yang tertinggi pada perlakuan konsentrasi sorbitol 1,8% dan yang terendah pada perlakuan konsentrasi sorbitol 0,6%. Hal ini dikarenakan sifat asli sorbitol sebagai *plasticizer*. Sorbitol dapat berinteraksi dengan pati dengan cara membentuk ikatan pati-*plasticizer* dimana ikatan ini akan mengakibatkan peningkatan elastisitas dari suspensi keduanya. Semakin tinggi elongasi *edible paper* maka *edible paper* tersebut mempunyai fleksibilitas yang baik karena mampu melakukan perpanjangan secara maksimum, sebaliknya

makin rendah persen elongasi maka fleksibilitasnya tidak baik. Elongasi merupakan salah satu sifat mekanis yang penting dari *edible paper* dan kemampuan pengemas untuk mempertahankan kekompakan makanan (Sothornvit and Krochta, 2002). Menurut Pushpadass *et al.*, (2009) sifat mekanik elongasi suatu *paper* dipengaruhi oleh sorbitol dimana dapat mempengaruhi perbedaan pada sifat fisik dari *paper*.

Elongasi produk juga dipengaruhi oleh ketebalan *Rice Paper*. Semakin tebal *Edible Paper* menunjukkan nilai *elongasi* semakin tinggi. Korelasi antar keduanya menunjukkan korelasi positif dengan persentase 95,3%. Penambahan *plasticizer* menyebabkan turunnya gaya intermolekular sepanjang rantai polimer sehingga meningkatkan fleksibilitas (Khwaldia *et al.*, 2004). Hal ini terlihat dari data yang dihasilkan, secara umum penambahan *plasticizer* mencapai 30% mengakibatkan nilai *elongasi* meningkat signifikan. Rerata *elongasi* terhadap tebal akibat perlakuan proporsi sorbitol dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Rerata Elongasi Edible Paper Akibat Pengaruh Tebal

Proporsi Sorbitol (%v/ b_{pati})	Elongasi (%)	Tebal	"Adjusted" Elongasi jika ketebalan 0,12 mm
0,2	15,61	0,12	$15,61 \times \frac{0,12}{0,12} = 15,61$
0,6	23,31	0,13	$23,31 \times \frac{0,13}{0,12} = 25,25$
1	23,97	0,14	$23,97 \times \frac{0,14}{0,12} = 27,97$
1,4	29,27	0,15	$29,27 \times \frac{0,15}{0,12} = 36,59$
1,8	34,60	0,16	$34,60 \times \frac{0,16}{0,12} = 46,13$

Plasticizer berfungsi untuk menurunkan gaya intermolekuler dalam mengatasi kerapuhan serta sebagai pemberi sifat elastis pada *edible paper* (Biquet, 1990) , sehingga semakin banyak *plasticizer* yang diberikan akan meningkatkan nilai perpanjangan *paper*. Berdasarkan grafik rasio *elongasi* dengan tebal juga dapat dilihat bahwa semakin tinggi penambahan sorbitol, maka rasio *elongasi* dan tebal juga semakin tinggi. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.10.

Genadios *et al.*,(1993) menyatakan perpanjangan *edible paper* akan semakin meningkat kemampuan elongasinya dengan adanya penambahan *plasticizer*. Menurut Liu and Han (2005), tanpa *plasticizer* amilosa dan amilopektin akan membentuk suatu *paper* dan suatu struktur yang bifasik

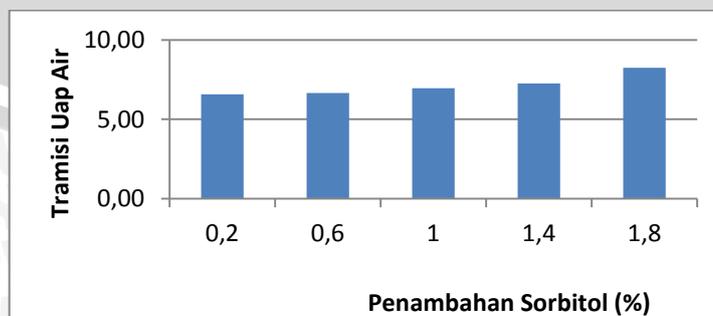
dengan satu daerah kaya amilosa dan amilopektin. Interaksi-interaksi antara molekul-molekul amilosa dan amilopektin mendukung formasi *paper*, menjadikan *paper* pati jadi rapuh dan kaku. Keberadaan dari *plasticizer* di dalam *film* pati bisa menyela pembentukan *double helices* dari amilosa dengan cabang amilopektin, lalu mengurangi interaksi antara molekul-molekul amilosa dan amilopektin, sehingga meningkatkan fleksibilitas *paper* pati.

Paper berbahan dasar pati bersifat rapuh karena adanya amilosa, sehinggakin tinggi konsentrasinya akan menurunkan fleksibilitas *paper* yang dihasilkan (Xu et al., 2005). Bertuzi et al. (2007) menambahkan bahwa tanpa adanya *plasticizer*, *paper* yang terbuat dari pati atau amilosa akan rapuh, maka penambahan *plasticizer* dibutuhkan untuk mengatasi kerapuhan yang disebabkan oleh gaya intermolekuler molekul pati.

4.4.4 Transmisi Uap Air

Laju transmisi uap air merupakan kemampuan *paper* dalam menahan laju transmisi uap air yang melalui *paper* (Marseno, 2003). Pengukuran nilai laju transmisi uap air suatu bahan merupakan faktor penting dalam menilai permeabilitas bahan kemasan *edible paper* terhadap air. Seperti yang dikemukakan McHugh and Krochta (1994), bahwa laju transmisi uap air akan menentukan permeabilitas uap air *paper*. Krochta et al., (1994), menyebutkan bahwa nilai laju transmisi uap air dapat digunakan untuk menentukan umur simpan produk. Sebab jika laju transmisi uap air dapat ditahan, maka umur simpan produk dapat diperpanjang.

Rerata laju transmisi uap *edible paper* perlakuan penambahan sorbitol berkisar antara 6,59 sampai 8,24. Grafik yang menunjukkan rerata laju transmisi uap *edible paper* akibat perlakuan penambahan sorbitol dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4.10. Grafik Rerata Tranmisi Uap air Edible Paper akibat pengaruh Penambahan Sorbitol

Laju transmisi uap air yang didapatkan termasuk tinggi. Hal ini disebabkan oleh bahan baku yang digunakan termasuk kelompok hidrokoloid. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Krochta *et al.*, (1994) bahwa bahan dasar *edible paper* yang bersifat hidrofilik (seperti pati) mempunyai ketahanan yang sangat rendah terhadap uap air. Hal yang sama juga dinyatakan Poeloengasih (2003) yang menyatakan bahwa umumnya *paper* yang terbuat dari hidrokoloid memiliki sifat mekanis yang cukup bagus namun tidak efisien sebagai penahan uap air karena bersifat hidrofilik.

Susunan granula pati juga berpengaruh terhadap penahanan migras air dimana susunan amorf pati akan mudah ditembus uap air. Meyer (2000) mengemukakan bahwa molekul-molekul pati membentuk suatu susunan agregat kristalin yang disebut granula dengan susunan sebagai berikut: 1) susunan teratur amilosa dengan arah jari-jari; 2) daerah amorf terdiri atas amilopektin; dan 3) daerah kristalin tersusun atas molekul-molekul amilosa. Molekul-molekul berantai lurus membentuk daerah kristalin yang kompak sehingga susah ditembus oleh air, enzim dan bahan kimia. Sebaliknya daerah amorf kurang kompak dan lebih mudah ditembus (French, 2004).

Hasil analisa ragam (Lampiran 8) menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi sorbitol memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=0,05$) terhadap transmisi uap air. Rerata transmisi uap air akibat perlakuan proporsi sorbitol dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Rerata Transmisi Uap Air *Edible Paper* Akibat Pengaruh Proporsi sorbitol

Proporsi sorbitol (%v/ b_{pati})	Transmisi Uap Air ($g/m^2 \cdot 24jam$)	BNT (0,05)
0,2	6,59a	
0,6	6,66a	0,33
1	6,95a	
1,4	7,27ab	
1,8	8,24b	

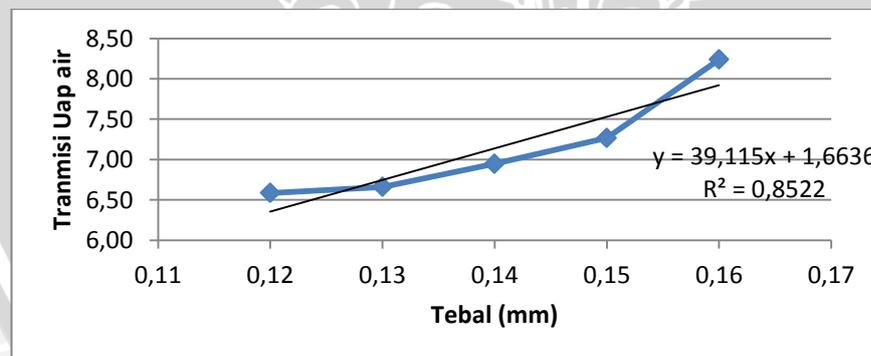
Keterangan: Nilai yang didampingi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ($\alpha=0,05$)

Tabel 4.11. menunjukkan bahwa konsentrasi sorbitol yang semakin besar akan meningkatkan transmisi uap air dari *edible paper* yang dihasilkan. Edible

paper dengan konsentrasi sorbitol 0,6% memiliki nilai laju transmisi terendah dibandingkan edible paper lainnya, yaitu sebesar $6,59 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ jam}$. Nilai laju uap air tertinggi terdapat pada edible paper dengan penambahan sorbitol 1,4% (b/v), yaitu sebesar $8,24 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ jam}$. Edible paper dengan konsentrasi 0,6% (b/v) memiliki nilai laju transmisi uap air yang berbeda nyata terhadap penambahan konsentrasi 1,4% (b/v) pada taraf kepercayaan 5%. Namun, konsentrasi sorbitol 0,6% dan 0,8% tidak berbeda nyata terhadap konsentrasi sorbitol 1,2%.

Hal ini diduga disebabkan oleh bagian dari aksi sorbitol berasal dari kemampuannya untuk menahan air pada *edible paper*. *Plasticizer* mampu mengurangi kerapuhan *edible paper*, tetapi juga mampu meningkatkan nilai permeabilitas *edible paper*. Oleh karena itu penggunaan jumlah *plasticizer* dalam *edible paper* harus dikurangi (McHugh dan Krochta, 1994). Pada permeabilitas *edible paper* hidrofilik, kelarutan air dan koefisien difusi meningkat ketika uap air meningkat karena afinitas kelembaban dari edible paper dan pemberian zat *plasticizer* (Sothorvit dan Krochta 2000).

Laju transmisi uap air produk juga dipengaruhi oleh ketebalan *Edible Paper*. Semakin tebal *Edible Paper* menunjukkan nilai *laju transmisi uap air* semakin meningkat. Korelasi antar keduanya menunjukkan korelasi positif dengan persentase 85,22%. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.11 di bawah ini.



Gambar 4.11 Grafik Korelasi antara Tebal dan Tranmisi Uap air

Menurut McHugh *et al.*, (1993), ketebalan *paper* juga mempengaruhi laju transmisi uap air, gas, senyawa volatil, dimana laju transmisi uap air yang menurun dengan seiring bertambahnya ketebalan *paper*. Ketebalan yang tinggi akan berperan dalam penghambatan laju transmisi uap air. Hardaning (2011) menyatakan bahwa ketebalan *paper* akan mempengaruhi laju transmisi uap air dan memiliki hubungan terbalik dengan ketebalan. Semakin tinggi ketebalan

paper, semakin rendah laju transmisi uap air *paper* yang diakibatkan semakin panjang jarak yang harus ditempuh oleh uap air untuk berdifusi melewati *paper* dan akan memperlambat laju transmisi uap air.

Tabel 4.12. Rerata Transmisi Uap Air *Edible Paper* Akibat Pengaruh Tebal

Proporsi Sorbitol (%v/ b_{pati})	Transmisi Uap Air $g/m^2 \cdot 24\text{jam}$	Tebal	"Adjusted" Transmisi Uap Air jika ketebalan 0,12 mm
0,2	6,59	0,12	$6,59 \times \frac{0,12}{0,12} = 6,59$
0,6	6,66	0,13	$6,66 \times \frac{0,13}{0,12} = 7,22$
1	6,95	0,14	$6,95 \times \frac{0,14}{0,12} = 8,11$
1,4	7,27	0,15	$7,27 \times \frac{0,15}{0,12} = 9,08$
1,8	8,24	0,16	$8,24 \times \frac{0,12}{0,12} = 10,98$

Mchugh and Krochta (1994) juga menyatakan bahwa ketebalan *paper* mempengaruhi laju transmisi uap air. Semakin tinggi ketebalan *paper*, semakin rendah nilai laju transmisi uap airnya yang diakibatkan semakin panjang jarak yang harus ditempuh oleh uap air untuk berdifusi melewati *paper* dan akan memperlambat laju transmisi tersebut, resistensi terhadap transfer massa meningkat.

Sifat *plasticizer* yang bersifat hidrofilik dan mampu menurunkan tegangan antar molekul pada matriks *edible paper* yang menyebabkan ruang antar molekul semakin besar sehingga uap air bisa menembus *edible paper*. Karena *plasticizer* yang digunakan yaitu sorbitol bersifat hidrofilik dan mudah larut dalam air, sehingga semakin tinggi proporsi sorbitol yang digunakan maka akan meningkatkan permeabilitas uap air dari *paper* yang dihasilkan. Hal ini didukung oleh Kim *et al.*, (2011) yang mengatakan bahwa penambahan *plasticizer* seperti sorbitol akan menyebabkan penurunan ikatan hidrogen internal dan peningkatan jarak intermolekuler menyebabkan peningkatan permeabilitas *edible paper*.

Priadi (2009) dalam penelitiannya menyatakan semakin tinggi *plasticizer* yang ditambahkan kedalam larutan maka semakin tinggi permeabilitas uap air yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena semakin meningkatnya konsentrasi *plasticizer* menyebabkan semakin banyak uap air yang terserap oleh *edible paper*. Menurut Gontard *et al.*, (1993), meningkatnya laju transmisi uap air dengan peningkatan sorbitol diduga karena penambahan *plasticizer* menyebabkan kerapatan molekul berkurang sehingga terbentuk ruang bebas

pada matriks *paper* yang memudahkan difusi gas dan uap air. Penurunan interaksi intermolekul dan peningkatan mobilitas molekul akan memfasilitasi migrasi molekul uap air (Rodrigues *et al.*, 2006).

4.4.5 Warna

Warna merupakan parameter penting yang mempengaruhi penampakan dan kesesuaian untuk aplikasi yang luas. Diharapkan *edible paper* yang dihasilkan berwarna cerah sehingga pada aplikasinya tidak berpengaruh banyak pada penampakan produk. Pengukuran warna pada *edible paper* ini terdiri dari dua parameter yaitu kecerahan/*lightness* (L^*) dan kekuningan (b^*).

4.4.5.1 Kecerahan (L^*)

Rerata kecerahan dari *edible paper* perlakuan kombinasi konsentrasi sorbitol berkisar antara 27,15-32,76. Hasil analisa ragam (Lampiran 10.1) menunjukkan bahwa faktor konsentrasi sorbitol memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=0,05$) terhadap kecerahan. Rerata kecerahan *edible paper* akibat konsentrasi sorbitol dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Rerata Kecerahan *Edible Paper* Akibat Pengaruh Proporsi Sorbitol

Proporsi Sorbitol (%v/ b_{pati})	Kecerahan (L^*)	BNT (0,05)
0,2	32,76d	0,17
0,6	30,73c	
1	29,40bc	
1,4	28,65ab	
1,8	27,15a	

Keterangan: Nilai yang didampingi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ($\alpha=0,05$)

Tabel 4.12 menunjukkan peningkatan konsentrasi sorbitol yang semakin tinggi akan menyebabkan warna *edible paper* menjadi buram sehingga tingkat kecerahan menurun. Peningkatan konsentrasi sorbitol akan meningkatkan jumlah molekul yang menyusun *edible paper*. Semakin banyak jumlah molekul yang terdispersi akan meningkatkan ketebalan dari *edible paper* sehingga sifat tembus pandangnya akan berkurang. Hal ini dinyatakan oleh McHugh and Krochta (1994) bahwa semakin tebal *edible paper* akan memberikan warna yang tidak

transparan dan penampilan kurang menarik. Begitu pula pernyataan Golsberg and Williams (2003) yang menyatakan bahwa dengan bertambahnya viskositas akan berpengaruh terhadap peningkatan ketebalan *edible paper* sehingga kecerahan akan menurun.

4.4.5.2 Kekuningan

Rerata kekuningan (b^*) dari *edible paper* lakuan sorbitol berkisar antara 5,90-8,2 (Lampiran 10). Hasil analisa ragam (Lampiran 10.2) menunjukkan bahwa faktor konsentrasi sorbitol tidak memberikan berpengaruh yang nyata ($\alpha=0.05$). Hal ini dikarenakan penambahan sorbitol mengakibatkan warna menjadi semakin tidak cerah dan tingkat kekuningannya semakin kecil. Hal ini diduga karena penggunaan hidrokoloid sebagai bahan baku pembuatan *edible paper* tidak mengubah warna. Menurut Careda *et al.*, (2002) penggunaan pati untuk *edible paper* memberikan penampakan yang transparan dan cerah. Ditambahkan Mulyoharjo (1998) pati harus memiliki warna putih yang baik dan mengkilat. Semakin cerah/transparan *edible* maka kualitasnya semakin baik. Hasil dari intensitas kekuningan didapatkan nilai yang kecil atau dengan kata lain intensitasnya sangat rendah. Rendahnya intensitas kekuningan tersebut menunjukkan bahwa warna *edible* cenderung putih transparan dan baik untuk pelapis produk pangan, sesuai pernyataan Krochta *et al.*, (1994), untuk *paper* dari pati diharapkan tidak berwarna atau jernih sehingga aplikasi ke produk pangan lebih baik.

Tabel 4.13 Rerata Kekuningan (b^*) *Edible Paper* Akibat Pengaruh Proporsi Sorbitol

Proporsi Sorbitol (%v/ b_{pati})	Kekuningan (b^*)	BNT (0,05)
0,2	8,20b	
0,6	7,08ab	0,48
1	6,35a	
1,4	6,03a	
1,8	5,90a	

Keterangan: Nilai yang didampingi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ($\alpha=0,05$)

Penggunaan pati yang termasuk hidrokoloid tidak mengubah warna pada *edible*. Begitu juga dengan penggunaan sorbitol yang tidak mengubah warna pada *edible*. Menurut Suppakul *et al.*, (2006) sorbitol merupakan senyawa kimia

yang berwarna jernih. Sehingga sorbitol yang ditambahkan tidak membuat *edible* mengalami perubahan warna sehingga intensitas kuning yang dihasilkan sangat rendah.

4.5 Perlakuan Terbaik

Perlakuan terbaik diperoleh dengan menggunakan metode Zelleny (*Multiple Attribute*). Perlakuan terbaik untuk produk *edible paper* dengan pengaruh penambahan konsentrasi proporsi sorbitol dipilih berdasarkan parameter fisik dan kimia yang meliputi kadar air, ketebalan, kecerahan, *tensile strength*, elongasi dan transmisi uap air. Berdasarkan hasil pengujian perlakuan terbaik terhadap berbagai parameter *edible paper* diperoleh perlakuan terbaik dengan penggunaan penambahan konsentrasi sorbitol 1,2% (v/b_{pati}). Hasil pengujian terbaik terhadap berbagai sifat *edible paper* dapat dilihat pada Lampiran 11 dan karakteristik kimia dan fisik hasil pemilihan perlakuan terbaik dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14. Karakteristik Kimia dan Fisik *Edible Paper* Berdasarkan Pemilihan Perlakuan Terbaik

Parameter	Nilai
Kadar Air (%)	13,56
Ketebalan (mm)	0,14
Warna	
- Kecerahan (L*)	29,40
Tensile Strength (N/cm ²)	3,86
Elongasi (%)	5,43
Transmisi Uap Air (g/m ² .24jam)	

Berdasarkan hasil analisa terhadap perlakuan penambahan konsentrasi sorbitol 1,2 %, memiliki sifat karakteristik cenderung baik. Hal ini dapat dilihat dari besarnya nilai ketebalan, persen elongasi, *tensile strength* dan kecilnya transmisi uap air, dimana parameter ini merupakan parameter kritis terhadap sifat *edible paper*.

Kadar air pada *edible paper* merupakan penentu umur simpan *edible paper*, kadar air yang rendah mampu meningkatkan daya simpan *edible paper*. Nilai sifat fisik *edible paper* pada tabel menunjukkan kemampuan *edible paper* dalam menahan perlakuan mekanis. Sifat fisik yang dimaksud meliputi ketebalan, *tensile strength*, elongasi dan transmisi uap air.

Ketebalan *edible paper* berhubungan langsung dengan kekuatan *paper* terhadap perlakuan fisik. Semakin tebal *edible paper* maka daya tahan terhadap

perlakuan fisik semakin besar. Nilai warna dimasukkan kedalam parameter perlakuan terbaik *edible paper* karena pada aplikasinya nilai karakteristik warna *edible paper* (kecerahan) berpengaruh terhadap tingkat kesukaan konsumen pada produk yang akan diaplikasikan oleh *edible paper*.

Nilai *tensile strength* memberikan pengaruh pada kemampuan *edible paper* untuk menahan suatu beban gaya dari luar yang diberikan terhadap *edible paper*. Nilai *tensile strength* yang semakin tinggi menunjukkan kecenderungan sulit patah sehingga memberikan kekuatan pada saat pengaplikasian pada produk. Parameter selanjutnya adalah elongasi, Elongasi merupakan parameter yang menunjukkan fleksibilitas *edible paper*. Semakin tinggi nilai elongasi maka fleksibilitas *edible paper* juga semakin tinggi sehingga pengaplikasiannya pada produk pangan lebih luas. Parameter yang terakhir adalah transmisi uap air yang berhubungan dengan sifat barrier *edible paper* terhadap uap air. Semakin rendah nilai transmisi uap air menunjukkan semakin baiknya sifat barrier *edible paper* sehingga dapat memperpanjang umur simpan produk yang dibungkus.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Edible paper* dapat dibuat menggunakan tepung garut dengan penambahan sorbitol sebagai plasticizer.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi sorbitol memberikan pengaruh nyata ($\alpha=0,05$) terhadap *edible paper* tepung garut dari semua parameter yaitu kadar air, ketebalan, tensile strength, elongasi, transmisi uap air, dan warna.
3. Perlakuan terbaik menggunakan metode multiple atribut dengan menekankan sifat kimia, fisik dan mekanik diperoleh pada perlakuan penambahan sorbitol 1%. *Edible paper* terpilih ini memiliki rata-rata nilai kadar air 13,59%, ketebalan 0,14mm, kuat tarik 3,86 N/cm², persen pemanjangan 5,43%, nilai laju transmisi uap air sebesar 6,95 g/m².24jam dan kecerahan (L*) 29,40.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pembuatan *Edible Paper* dari tepung garut berkadar amilosa sedang sebaiknya menggunakan penambahan sorbitol 1% b/v air.
2. Perlu dikembangkan penelitian mengenai pembuatan *Edible Paper* dari tepung garut dengan penambahan bahan tambahan lain seperti tepung tapioka untuk memperbaiki sifat fisik.