

Pengaruh Jenis Hidrokoloid Terhadap Karakteristik Fisik Dan Sensoris Roti Tawar Bebas Gluten

Effects Of Various Hydrocolloids on The Physical and Sensory Characteristics of Gluten-Free White Bread

Komang Triani Utami, I Putu Suparthana^{*}, A.A.I. Sri Wiadnyani

Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana

* Penulis korepondensi: I Putu Suparthana, Email: putusuparthana@unud.ac.id

Diterima: 21 Juni 2023/ Disetujui: 9 Agustus 2023

Abstract

Fresh bread is generally made from wheat flour but it cannot be consumed by people with coeliac or those with gluten sensitivity. Rice flour can be used as a substitute for wheat flour because it has physico-chemical characteristics in the form of amylose and amylopectin which are similar to wheat, as well as the role of rice and its processed foods in the consumption of Asian society, especially Indonesia. This study aims to determine the effect of hydrocolloid addition on the physical and sensory quality of gluten-free white bread and to determine the type of hydrocolloid that has the best effect on the physical and sensory quality of gluten-free white bread. The experiment used a completely randomized design with the treatment of hydrocolloid types consisting of 6 levels (Xanthan Gum, Konjac, Pectin, Carboxymethyl Celulose, Hydroxypropyl Methyl Celulose, and Psyllium Husk). Each treatment was repeated three times resulting in a total of 21 experimental units. Parameters observed were moisture content, hardness, volume development, and sensory tests on pore uniformity, texture, mouthfeel, and overall acceptance using a hedonic scale. Data were analyzed using Analysis of Variance and on treatments that showed a significant effect is then continued with DMRT (Duncan Multiple Range Test) test. The results showed that the addition of various hydrocolloids significantly affected the physical characteristics of fresh bread compared to those without hydrocolloids. Among the hydrocolloids tested, the addition of xanthan gum showed the best results in physical and sensory characteristics, namely with a moisture content value of 39.25 percent, a volume development value of 24.5 percent, with a sensory assessment of pore uniformity, texture, value, mouthfeel and overall acceptance rather like. However, xanthan gum has a texture analysis value of 12.58N. It can be concluded that the addition of hydrocolloids affects the physical characteristics (moisture content, hardness, and development volume) and sensory (pore uniformity, texture, mouthfeel, and overall acceptance) of gluten-free white bread for the better.

Keywords: *Gluten Free Bread, Hydrocolloids, Physical Characteristics, Sensory Characteristics.*

PENDAHULUAN

Menurut SNI nomor 3840 tahun 1995, roti tawar adalah produk yang diperoleh dari adonan tepung terigu yang diragikan dengan ragi roti kemudian dipanggang dengan atau tanpa penambahan bahan makanan lain dan bahan tambahan makanan yang diizinkan. Di Indonesia, terjadi peningkatan konsumsi roti tawar

yang signifikan pada kurun waktu 2014-2017, pada tahun 2014 sebesar 3,23 bungkus kecil/tahun, kemudian meningkat pada tahun 2017 menjadi 19,12 bungkus kecil/tahun (Wijayati & Suryana, 2019). Pada tahun 2021, penjualan roti di Indonesia menjadi yang tertinggi di kawasan Asia Tenggara, mencapai USD 18,7 miliar atau setara Rp2,6 triliun (Halidi, 2021).

Karenanya, dibutuhkan penambahan variasi untuk memenuhi perkembangannya permintaan pasar dibidang roti.

Roti tawar dibuat menggunakan tiga bahan pokok yaitu terigu, ragi, dan air. Terigu adalah tepung yang dibuat dari endosperma biji gandum *Triticum aestivum* L dan atau *Triticum compactum* dengan penambahan Fe, Zn, Vitamin B1, Vitamin B2, dan asam folat sebagai fortifikan (SNI 3751, 2009). Kandungan terbesar terigu adalah pati (70-75%), air (14%) dan protein (10-12%) (Goesaert dkk 2005). Keberadaan gluten sebagai protein penyusun terigu pada roti tawar menyebabkan tidak dapat dikonsumsi oleh penderita seliak ataupun yang memiliki sensitivitas terhadap gluten. Gejala yang dialami oleh pasien dengan penyakit seliak diantaranya adalah sakit perut, diare hebat, dan perut kembung (Ehsani-Arkadani et. al, 2013). Oleh karena itu penyesuaian bahan baku pembuatan roti tawar perlu dilakukan agar dapat juga dikonsumsi oleh mereka yang sensitif terhadap gluten.

Untuk membuat roti tawar bebas gluten, dapat digunakan tepung substitusi seperti tepung millet ataupun tepung beras yang tidak mengandung protein gluten. Penggunaan tepung beras memiliki kecocokan yang baik untuk produk roti tawar karena warnanya yang putih, rasanya yang hambar dan mudah dicerna (Hager dkk, 2012). Tepung beras umumnya memiliki kadar amilosa dan amilopektin

yang mirip dengan terigu dimana terigu memiliki kadar amilosa sebesar 25 persen amilosa dan 75 persen amilopektin (Nakamura dkk 1995, dikutip oleh Xing Chen dkk 2016) dan tepung beras memiliki kadar amilosa sebesar 22 persen dan amilopektin sebesar 78 persen (Wanita dan Endang, 2013). Pada penelitian oleh Fratelli dkk (2018) sampel roti bebas gluten dengan tambahan psyllium husk memiliki *bake loss* (perbedaan berat roti tawar sebelum dan sesudah pemanggangan) yang lebih rendah dibandingkan dengan sampel yang tidak mengandung bahan tambahan.

Karakteristik fisik dan sensoris roti tawar bebas gluten cenderung memiliki nilai yang lebih rendah ketika dibandingkan dengan roti tawar dengan gluten. Sebagian besar roti tawar bebas gluten komersial memiliki kualitas yang buruk karena lebih cepat mengeras, teksturnya yang cenderung kering dan rapuh, serta rasa dan aroma yang tidak umum ditemukan dalam roti (Collar et al, 2019). Hal ini dapat mempengaruhi minat konsumen dalam mengkonsumsi roti tawar bebas gluten karena nilai sensoris yang rendah dan karakteristik fisik yang kurang diminati (Ahlborn dkk, 2005).

Perbaikan struktur roti tawar dapat dilakukan menggunakan bahan tambahan seperti pati yang memiliki kadar amilopektin tinggi untuk membantu pencampuran adonan menjadi lebih merata. Selain itu digunakan juga hidrokoloid yang dapat meniru sifat viskoelastisitas gluten

(Lazaridou, 2007; Demirkesen, 2010; Onyango, 2016). Hidrokoloid merupakan komponen polimer yang berasal dari sayuran, hewan, atau mikroba yang umumnya memiliki kemampuan menyerap dan mengikat air (Herawati, 2018). Hidrokoloid banyak digunakan dalam industri makanan untuk menghasilkan berbagai fungsi termasuk mengentalkan dan membentuk gel, menstabilkan busa, mengemulsi dan mendispersi, menghambat pembentukan es dan kristal gula, pembentukan dan pelepasan rasa yang terkendali, dan lainnya (Gao, 2016).

Pada penelitian ini hidrokoloid ditambahkan pada adonan roti tawar berbahan dasar tepung beras dan dianalisis pengaruhnya pada aspek fisik dan sensori. Adapun hidrokoloid yang diuji yaitu Xantan Gum (Ahlborn dkk 2005; Demirkesen dkk ,2010; Lazaridou dkk, 2007), Hydroxypropyl Methyl Celulose (Ahlborn dkk 2005; Demirkesen dkk ,2010), Carboxymethyl Celulose (Park dkk, 2014; Lazaridou dkk, 2007), Konjac (Adiluhung dkk, 2018), Pektin (Demirkesen dkk ,2010; Lazaridou dkk, 2007) dan Psyllium Husk (Fratelli dkk, 2018). Hidrokoloid yang terpilih merupakan hidrokoloid yang umum digunakan pada formulasi roti tawar bebas gluten.

METODE

Bahan Penelitian

Bahan baku pembuatan roti bebas gluten adalah tepung beras (Rose Brand) diperoleh di supermarket Tiara Dewata, Hydroxypropyl Methyl Celulose (Maoli), Carboxymethyl Celulose (Maoli), Xantan Gum (Maoli), psyllium husk (Club Sehat), tepung konjac (House of Herbal), ragi instant (Fermipan), gula tebu (Gulaku), garam halus (Dolphin), susu skim bubuk (indomilk), minyak nabati, dan air (Aqua).

Alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk pembuatan roti bebas gluten antara lain mangkuk aduk, mixer merk Phillips, baloon whisk, oven merk Kirin KBO 600 Ra, spatula, plastic wrap merk Cling dan loyang roti. Untuk analisis digunakan mesin analisa tekstur merk Brookfield variasi CT3, wadah pengukuran volume, millet, kertas HVS, dan mesin analisa thermogravimetri Precisa Series 340 prepASH®.

Rancangan Percobaan

Percobaan dalam penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tujuh taraf perlakuan yaitu berbagai jenis hidrokoloid yang terdiri dari: P0 (tanpa pemberian hidrokoloid); P1 (Xantan Gum); P2 (Konjac); P3 (Pektin); P4 (Carboxymethyl Celulose); P5 (Hydroxypropyl Methyl Celulose); P6 (Psyllium Husk). Masing – masing perlakuan diulang sebanyak 3 (tiga) kali sehingga diperoleh 21 unit percobaan.

Pelaksanaan Penelitian

Tahapan penelitian meliputi persiapan bahan kering, pembuatan adonan, proofing adonan, dan pemanggangan roti tawar bebas gluten. Tahapan selanjutnya adalah analisis fisik menggunakan metode rapeseed displacement (AACC, 2020, dikutip oleh Putri dan Murtini, 2017) menggunakan millet dan wadah terukur, kemudian analisa hardness hasil panggang menggunakan mesin analisa tekstur (Adiluhung, 2018; Kohyama, 2020), analisa kadar air (Sudarmadji, 1997) dan analisa sensoris dengan skala hedonik berupa penilaian tampak (García-Gómez et. al. 2021), tekstur (Kohyama, 2020), mouthfeel (Stokes et. al., 2013), dan penerimaan keseluruhan. (García-Gómez et. al. 2021).

Persiapan Bahan Kering

Bahan baku adonan ditimbang dan diukur sebesar 1 g setiap hidrokoloidn sesuai dengan perlakuannya. Digunakan 1 persen hidrokoloid dari total berat tepung berdasarkan hasil terbaik pada penelitian acuan (Adiluhung, 2018; Moreira et. al., 2013). Bahan kering yang ditimbang berupa 100 g tepung beras, 10 g gula, 1 g garam, 1.5 g ragi, dan 3 g susu skim bubuk. Seluruh bahan kering diaduk dengan baloon whisk agar tercampur rata.

Pembuatan Adonan Roti Bebas Gluten

Pada mangkuk berisi bahan kering ditambahkan bahan basah berupa 8 ml minyak sayur dan 100 ml air suhu ruang. Tahap berikutnya adalah mixing

menggunakan mixer pada kecepatan 1 selama 1 menit, selanjutnya pada kecepatan 2 selama 30 detik dan dilanjutkan pada kecepatan 3 selama 30 detik.

Proofing atau menunggu adonan mengembang

Loyang roti dioles menggunakan margarin agar roti tidak lengket, kemudian adonan dituang kedalam loyang dan diratakan menggunakan spatula. Loyang ditutup menggunakan plastic wrap kemudian adonan dikembangkan selama 60 menit pada suhu 35-37°C atau pada suhu ruang.

Pemanggangan

Adonan yang sudah mengembang kemudian dipanggang dengan suhu 170°C selama 30 menit. Roti harus didiamkan selama 3 jam sebelum pemotongan untuk mempertahankan struktur roti sebelum kemudian dianalisis.

Parameter Penelitian

Tekstur

Tekstur diukur menggunakan nilai kekerasan yang muncul pada grafik oleh mesin analisa tekstur. Mesin analisis tekstur yang digunakan adalah merk Brookfield variasi CT3 dengan probe TA41 cylinder probe 6mm diameter, tekstur yang diukur berupa kekerasan produk dengan melihat grafik yang ditampilkan pada software. Titik tertinggi pada grafik dianggap sebagai nilai kekerasan (Hardness) pada produk (Kohyama, 2020).

Volume Pengembangan

Volume pengembangan diukur menggunakan metode rapeseed displacement (AACC, 2020. dikutip oleh Putri dan Murtini, 2017). Millet digunakan sebagai media pengukur volume wadah dengan cara mengisi wadah dengan millet, kemudian millet diukur dengan gelas ukur. Roti yang sudah matang diletakan pada wadah kemudian ditambahkan millet dan diratakan menggunakan penggaris. Millet kemudian diukur kembali menggunakan gelas ukur untuk menemukan volume roti. Volume awal adonan diukur menggunakan wadah yang telah diketahui volumenya menggunakan metode rapeseed displacement. Penghitungan daya kembang adalah sebagai berikut

$$\text{Volume Akhir}-\text{Volume Awal}\times 100\%$$

Kadar Air

Kadar air diukur menggunakan metode termogravimetri (Sudarmadji, 1997) dengan mengurangi berat awal dengan berat akhir setelah pemanggangan. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut,

kadar air (%)=

$$\frac{\text{berat awal (gr)}-\text{berat akhir (gr)}}{\text{berat awal (gr)}} \times 100\%$$

Uji Sensoris

Uji sensoris dilakukan menggunakan uji hedonik berupa penilaian keseragaman pori, tekstur, *Mouthfeel* dan penerimaan keseluruhan. Analisa

keseragaman pori dilakukan menggunakan indera penglihatan oleh panelism dengan menentukan kerapatan dan keseragaman pori. Analisa tekstur mencakup respon indera peraba khususnya pada hal ini didalam mulut terhadap rangsangan fisik yang dihasilkan dari kontak antara mulut dan makanan yang berkaitan pada kepadatan, viskositas, tegangan permukaan dan sifat fisik lainnya, sementara analisa sensoris *mouthfeel* mencakup semua sifat taktil (rasa) yang dirasakan sejak makanan atau minuman padat, semi-padat, atau cair dimasukkan ke dalam mulut hingga ditelan (Guinard & Mazzucchelli, 1996). Skala skor yang digunakan adalah skala 7 dengan penjelasan berupa, 7 (sangat suka), 6 (suka), 5 (agak suka), 4 (netral), 3 (agak tidak suka), 2 (tidak suka), 1 (sangat tidak suka).

Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis secara statistik dengan uji sidik ragam. Pada perlakuan yang menunjukkan beda nyata ($\alpha < 0,05$) maka data kemudian dianalisis menggunakan uji Duncan Range Multiple Test (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisik Roti Bebas Gluten

Hasil analisis kadar air, tekstur, dan volume pengembangan dari roti tawar bebas gluten dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata-rata kadar air, tekstur, dan volume pengembangan roti tawar bebas gluten

Perlakuan Perbedaan Hidrokoloid	Kadar Air (%)	Tekstur (N)	Volume Pengembangan (%)
P0 (Tanpa Penambahan)	37,52 ± 0,01 ab	22,18 ± 0,72 d	20,83 ± 0,76 a
P1 (Xantan Gum)	39,25 ± 0,01 c	12,58 ± 0,01 c	24,50 ± 0,87 c
P2 (Konjac)	38,09 ± 0,01 b	7,53 ± 0,01 b	22,67 ± 0,01 b
P3 (Pektin)	36,85 ± 0,01 a	6,76 ± 0,01 b	24,00 ± 0,01 c
P4 (CMC)	36,65 ± 0,01 a	6,87 ± 0,01 ab	24,67 ± 0,01 c
P5 (HPMC)	38,51 ± 0,01 bc	6,56 ± 0,01 ab	22,67 ± 0,01 b
P6 (Psyllium Husk)	38,56 ± 0,01 bc	5,59 ± 0,01 a	24,67 ± 0,01 c

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan berbeda nyata ($P < 0,05$)

Kadar Air

Pada pembuatan roti tawar, kadar air berperan penting dalam proses pemanggangan roti maupun daya simpan roti setelah pemanggangan. Selama pemanggangan, pati akan tergelatinisasi dan protein akan terdenaturasi. Denaturasi protein melepaskan air, sementara gelatinisasi pati menyerap air (Thorvaldsson & Skjöldebrand, 1998). Hidrokoloid adalah zat koloid yang memiliki afinitas terhadap air karena strukturnya merupakan makromolekul hidrofilik yang dapat mengikat air (Wüstenberg, 2015). Kadar air yang lebih tinggi diperlukan pada formulasi roti bebas gluten agar pati dapat tergelatinisasi dengan baik (Masure, 2016). Pengaturan kelembaban yang kurang baik pada adonan dapat menghasilkan produk akhir yang memiliki struktur yang buruk dan tidak mengembang, tekstur yang tidak merata, ataupun mudah rapuh (Sworn, 2009).

Hasil sidik ragam pada penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh penambahan hidrokoloid berpengaruh nyata ($P < 0,05$)

terhadap kadar air roti bebas gluten. Kadar air tertinggi terdapat pada roti tawar yang diberi hidrokoloid xantan gum dengan kadar air 39,25 persen, dan kadar air terendah terdapat pada roti yang diberi hidrokoloid Carboxymethyl Celulose dengan kadar air 36,65 persen. Menurut SNI nomor 3840 tahun 1995 mengenai roti tawar, kadar air maksimum sebagai syarat mutu roti tawar adalah sebesar 40 persen.

Dari semua sampel yang diteliti kadar air yang didapatkan seluruhnya memenuhi syarat mutu sesuai SNI. Kadar air pada kontrol ternyata lebih tinggi daripada roti tawar dengan penambahan pektin maupun Carboxymethyl Celulose yaitu sebesar 37,53 persen dan pektin sebesar 36,85 persen. Kemampuan pektin dalam mengikat air dan meningkatkan viskositas larutannya dalam air tergantung pada sejumlah faktor yaitu konsentrasi, keberadaan kalsium atau logam non-alkali serupa, pH, sifat kimiawi pektin, DE, dan berat molekul rata-rata (Nussinovitch, 1997). Pada penelitian Gambus et. al (2001) yang membandingkan penambahan pektin dan guar gum pada

formulasi roti tawar bebas gluten didapatkan bahwa kemampuan pektin dalam mengikat air lebih rendah dari guar gum. Pektin juga memiliki kemampuan menjaga kelembapan lebih rendah dibandingkan hidrokoloid lainnya seperti xantan gum (Lazaridou, 2007).

Ada tiga jenis air yang terdapat pada bahan pangan, yaitu air bebas (Freezing), air teradsorpsi (bound freezing), dan air terikat kuat (non-freezing). Pada penelitian Tran dkk (2008), ditemukan bahwa penambahan Carboxymethyl Celulose pada pati tergelatinisasi menunjukkan kenaikan kadar air terikat kuat. Air yang terikat kuat sukar untuk diuapkan dengan panas seperti pada aplikasi metode analisa kadar air berupa termogravimetri, hal ini secara signifikan dapat mempengaruhi persentase kadar air. Namun, pada penelitian De La Hera dkk (2014) roti bebas gluten yang menggunakan tepung beras dengan pemberian air yang lebih tinggi yaitu hidrasi 70 dan 90 persen memiliki kekompakan roti yang menurun seiring dengan peningkatan kadar air dalam formulasi. Maka jika hanya dilihat dari kadar air saja tidak dapat menentukan hasil kualitas fisik roti secara baik yang diinginkan.

Pada penelitian yang sama, De La Hera dkk (2014) juga menyatakan bahwa jumlah air yang terbatas menghambat interaksi antarmolekul antar bahan dan mendorong persaingan air diantara bahan, hal ini dapat menghambat terikatnya air oleh

pati dalam beras, sehingga menurunkan hasil kadar air pada sampel roti dengan penambahan pektin dan Carboxymethyl Celulose karena terbentuknya ikatan air yang lebih sukar diuapkan dibanding air bebas yang mudah diuapkan. Pada penelitian oleh Fratelli dkk (2018), kadar air pada sampel yang menggunakan psyllium husk konsentrasi 2,86 persen dengan kadar air 82,14 persen memiliki kadar air sebesar 48,06 persen. Jika dibandingkan dengan sampel P6 (psyllium husk) kadar air di penelitian tersebut lebih tinggi dibandingkan sampel.

Tekstur

Analisis Tekstur adalah studi tentang deformasi dan perubahan makanan ketika berada di bawah pengaruh tekanan dan mencakup penilaian bahan baku, produk setengah jadi, dan produk jadi. (Stable Micro Systems, n.d.). Beberapa profil tekstur dapat diketahui dengan menggunakan metode TPA (Texture Profile Analysis) (Kohyama, 2020). Tingkat puncak pada grafik yang diperoleh dari mesin TPA menunjukkan rentang sifat fisik produk, misalnya jika grafik menunjukkan gaya yang diberikan lebih besar maka produk dianggap lebih keras (Kohyama, 2020; Manual Texture Analyzer merk Brookfield variasi CT3, 2016). Ketertarikan pada tekstur roti muncul karena hubungannya langsung dengan umur simpan, kualitas saat pengkonsumsian dan rasa, maka pemahaman tentang apa yang berkontribusi pada tekstur roti memiliki

dampak langsung pada kenikmatan indrawi yang dapat kita peroleh saat pengonsumsi roti dan produk roti terkait lainnya (Cauvain, 2004).

Hasil sidik ragam pada penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan hidrokoloid berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap tekstur roti bebas gluten. Roti dengan tekstur tertinggi (keras) terdapat pada kontrol (22,18 N) sedangkan yang terendah didapatkan dari penambahan psyllium husk (5,59 N).

Pada sampel Carboxymethyl Celulose Ketika dibandingkan dengan penelitian Park dkk (2014), memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan penelitian tersebut dengan nilai 5,63 N. penelitian tersebut menggunakan kombinasi dua jenis hidrokoloid berbeda yaitu Hydroxypropyl Methyl Celulose dan Carboxymethyl Celulose. Penambahan dua jenis hidrokoloid diduga memiliki pengaruh yang lebih baik dibandingkan hanya menggunakan satu jenis hidrokoloid, dimana pada penelitian ini memberikan hasil dengan perbedaan signifikansi nilai kekerasan yaitu 5,56 N pada Hydroxypropyl Methyl Celulose dan 6,87 pada Carboxymethyl Celulose. Kemudian pada penelitian oleh Demirkesen dkk (2010) sampel yang menggunakan xantan gum dengan penambahan emulsifier memiliki tekstur yang lebih lembut dibandingkan sampel yang hanya menggunakan xantan gum pada penelitian ini maupun penelitian tersebut. Penambahan hidrokoloid secara

signifikan dapat membantu memperbaiki tekstur dari roti tawar bebas gluten. Cauvain (2004) mengasumsikan bahwa aspek-aspek pengolahan adonan yang mengubah volume roti dan struktur sel merupakan pengaruh yang penting karena tekstur roti sangat dipengaruhi oleh kepadatan produk dan porositas remah. Perubahan dapat terjadi pada populasi gelembung gas selama pengolahan yang berdampak negatif pada tekstur roti. Pada saat pengolahan tersebut, sifat reologi adonan sangat penting untuk memastikan bahwa gelembung gas yang terbentuk selama tahap pencampuran dipertahankan dalam bentuk yang diperlukan. Bender (2019) menunjukkan bahwa pada formulasi roti tawar bebas gluten, penambahan hidrokoloid dapat meningkatkan ekspansi adonan dengan menstabilkan gas didalamnya dan bekerja sebagai pengikat air yang juga menunda retrogradasi.

Volume Pengembangan

Volume pengembangan pada roti terbentuk pada saat pemanggangan. Pada awal pemanggangan, adonan memiliki karakteristik yang lebih berair dengan kepadatan makroskopis yang kurang lebih seragam. Adonan tersebut mengelilingi gelembung udara yang terbentuk oleh ragi. Selama pemanggangan, sifat matriks adonan pun berubah, kadar air berkurang, dan adonan mengeras (Rouille et al, 2010; Jefferson, 2007). Perubahan matriks tersebut kemudian menghasilkan karakteristik fisik

roti yang telah dipanggang. Daya kembang roti dapat dilihat pada perbedaan densitas yang terjadi sebelum dan setelah pemanggangan. Hal ini dapat ditelusuri melalui berbagai jenis analisa, diantaranya adalah menggunakan medium seperti millet atau rapeseed pada rapeseed displacement method (Babin dkk, 2005).

Penambahan hidrokoloid dapat menambah volume pengembangan roti setelah dipanggang secara signifikan (Demirkesen et. al, 2010; Masure et. al, 2016). Hasil sidik ragam pada penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh penambahan hidrokoloid berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap volume pengembangan roti tawar bebas gluten. Pengembangan terendah terdapat pada kontrol (20,83 persen) dan tertinggi pada sampel dengan penambahan hidrokoloid *Carboxymethyl Celulose* dan psyllium husk dengan nilai sama yaitu 24,67 persen. Pada penelitian oleh Demirkesen dkk (2010) sampel yang diberikan hidrokoloid xantan gum memiliki volume spesifik (g/cm^3) yang lebih tinggi dibandingkan sampel yang ditambahkan pektin maupun *Hydroxypropyl Methyl Celulose*. Pada penelitian ini, sampel yang ditambahkan xantan gum memiliki persentase pengembangan volume yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan sampel dengan penambahan *Hydroxypropyl Methyl Celulose*, namun tidak berbeda signifikan dengan sampel yang ditambahkan

pektin. Pada penelitian tersebut, demirkesen dkk (2010) menggunakan hidrokoloid dalam suspensi air dengan persentase hidrokoloid didalam air sebesar 0,5%. Perbedaan metode pada kedua penelitian menjadi alasan mengapa ada perbedaan hasil yang signifikan. Pada keadaan suspensi, jaringan gel hidrokoloid terbentuk melalui jalinan dan ikatan silang rantai polimer untuk membentuk jaringan tiga dimensi (Burey, 2008). Pada roti yang mengandung gluten, polimerisasi oleh ikatan molekul gluten menyebabkan terbentuknya struktur besar yang melebihi skala milimeter selama pembuatan adonan terigu, gluten memainkan peran kunci sebagai kerangka dalam adonan terigu (Ogawa & Matsumura, 2021). Protein gluten yang terdiri dari gliadin dan glutenin dengan subunit glutenin membentuk jaringan tiga dimensi besar yang distabilkan oleh ikatan disulfida antar-rantai yang berinteraksi dengan gliadin, dan dengan jaringan glutenin lainnya, dengan gaya non-kovalen, terutama ikatan hydrogen, membentuk jaringan struktural adonan yang berperan dalam membuat sifat visko-elastisitas pada pembuatan struktur dan volume roti (Shewry, 2019).

Hasil Analisis Sensoris

Nilai rata-rata uji hedonik terhadap tampak, tekstur, mouthfeel dan penerimaan keseluruhan roti bebas gluten dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata uji tampak, tekstur, mouthfeel dan penerimaan keseluruhan roti bebas gluten.

Perlakuan Perbedaan Hidrokoloid	Keseragaman Pori (%)	Tekstur (N)	Mouthfeel (%)	Penerimaan Keseluruhan
P0 (Tanpa Penambahan)	4,27 ± 0,08 a	3,27 ± 0,96 d	2,93 ± 0,8 a	3,20 ± 0,86a
P1 (Xantan Gum)	5,27 ± 0,45 b	5,27 ± 0,96 c	5,47 ± 0,9 d	5,27 ± 0,45c
P2 (Konjac)	5,53 ± 0,91 b	5,00 ± 0,84 b	4,47 ± 0,9 c	4,73 ± 0,88bc
P3 (Pektin)	5,27 ± 0,88b	4,60 ± 0,98 b	4,33 ± 0,8 bc	4,40 ± 0,73b
P4 (CMC)	5,33 ± 0,97 b	4,07 ± 0,80 ab	3,93 ± 0,59 bc	4,40 ± 0,73b
P5 (HPMC)	4,40 ± 0,82 a	4,07 ± 0,96 ab	3,80 ± 0,94 bc	3,73 ± 0,80a
P6 (Psyllium Husk)	4,33 ± 0,72 a	4,80 ± 0,16 a	3,67 ± 0,9 b	3,67 ± 0,61a

Keterangan : 7 (sangat suka), 6 (suka), 5 (agak suka), 4 (netral), 3 (agak tidak suka), 2 (tidak suka), 1 (sangat tidak suka). Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan berbeda nyata ($P < 0,05$)

Keseragaman Pori

Penilaian keseragaman pori produk secara sensorik diukur berdasarkan penerimaan panelis pada keseragaman pori dan remah roti tawar bebas gluten menggunakan sensori penglihatan. Penampilan produk makanan di dalam atau di luar kemasan adalah atribut utama yang digunakan untuk membuat keputusan singkat tentang kualitas produk atau kesesuaiannya dengan harapan konsumen (Erasmus-plus, 2018). Panelis diminta untuk menilai seberapa besar mereka menyukai estetika sampel berdasarkan keseragaman pori dan remah roti tawar. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh penambahan hidrokoloid berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap evaluasi sensoris keseragaman pori roti bebas gluten. Roti tawar bebas gluten dengan nilai sensoris terendah terdapat pada kontrol (netral), diikuti oleh roti tawar bebas gluten dengan penambahan psyllium husk (netral). Roti tawar bebas gluten dengan nilai sensoris

tertinggi (agak suka) adalah dengan penambahan konjac.

Tekstur

Penilaian tekstur produk secara sensorik diukur berdasarkan penerimaan panelis pada kelembutan dan kelembapan roti tawar bebas gluten secara oral. Dari perspektif pelanggan, analisis tekstur makanan dapat menjadi penilaian penting untuk memastikan properti sensorik, kualitas, atau kinerja fungsional makanan yang diantisipasi atau diharapkan. (Mec Mesin, n.d.). Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh penambahan hidrokoloid berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap evaluasi sensoris tekstur roti bebas gluten. Roti dengan nilai sensoris terendah terdapat pada kontrol (agak tidak suka), diikuti oleh roti tawar dengan penambahan *Carboxymethyl Celulose* dan *Hydroxypropyl Methyl Celulose* (netral). Roti tawar dengan nilai sensoris tertinggi adalah yang ditambahkan Xantan gum (agak suka).

Mouthfeel

Mouthfeel adalah sifat taktil (rasa) yang dirasakan sejak makanan atau minuman padat, semi-padat, atau cair dimasukkan ke dalam mulut hingga ditelan. (Guinard & Mazzucchelli, 1996). Setelah menelan, sisa makanan yang tersisa masih dapat berkontribusi pada mouthfeel/afterfeel bersama dengan sekresi air liur ke dalam mulut, yang dipengaruhi oleh makanan dan minuman yang dikonsumsi (Stokes et. al., 2013). Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh penambahan hidrokoloid berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap evaluasi sensoris mouthfeel roti tawar bebas gluten. Roti dengan nilai sensoris terendah terdapat pada kontrol (agak tidak suka), diikuti oleh roti dengan penambahan Carboxymethyl Celulose dan Hydroxypropyl Methyl Celulose (agak tidak suka). Roti tawar dengan nilai sensoris tertinggi adalah sampel yang ditambahkan xantan gum (agak suka).

Penerimaan Keseluruhan

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh penambahan hidrokoloid berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap evaluasi sensoris penerimaan keseluruhan roti bebas gluten. Roti tawar dengan nilai sensoris terendah terdapat pada kontrol (tidak suka), diikuti oleh roti dengan penambahan psyllium husk (agak tidak suka). Sampel dengan nilai sensoris tertinggi adalah sampel yang ditambahkan xantan gum (agak suka)

Penentuan Perlakuan Terbaik

Penentuan perlakuan terbaik berdasarkan pertimbangan parameter kadar air, tekstur, volume pengembangan dan sifat sensoris, dengan nilai kadar air tertinggi, nilai tekstur (kekerasan) terendah, volume pengembangan tertinggi dan nilai sensoris yang paling disukai. Penambahan Xanthan Gum menunjukkan karakteristik fisik terbaik dengan nilai kadar air 39,25 persen ; tekstur 12,58 N ; volume pengembangan 24,50 persen dan sensori terbaik dengan nilai tampak (agak suka) ; tekstur (agak suka); mouthfeel (agak suka); dan penerimaan keseluruhan (agak suka).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil sidik ragam, hidrokoloid berpengaruh nyata terhadap kadar air ($P < 0,05$), berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap tekstur volume pengembangan dan terhadap seluruh uji sensoris yang meliputi keseragaman pori, tekstur, mouthfeel, dan penerimaan keseluruhan. 2. Penambahan Xanthan Gum menunjukkan karakteristik fisik terbaik dengan nilai kadar air 39,25 persen ; tekstur 12,58 N ; volume pengembangan 24,50 persen dan sensori terbaik dengan nilai keseragaman pori, tekstur, mouthfeel dan penerimaan keseluruhan agak suka. Diperlukan penelitian lanjutan terhadap pengaruh hidrokoloid dalam keadaan gel dan pengaruhnya terhadap pengikatan air

dan fungsi fisiologisnya terhadap karakteristik fisik roti bebas gluten, dikarenakan ada hidrokoloid yang sampel roti tawar bebas glutennya memiliki kadar air yang rendah, namun memiliki tekstur dan volume pengembangan yang baik (pektin dan Carboxymethyl Celulose). Diperlukan penelitian lanjutan terhadap interaksi penambahan beberapa jenis hidrokoloid pada karakteristik fisik roti bebas gluten, karena ada variasi hasil dari sampel roti tawar bebas gluten dimana kekurangan dari hidrokoloid yang satu dapat ditutupi oleh hidrokoloid lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- A S Harrison & Co. (n.d.). How To Boost Fibre With Our Psyllium Products. <https://asharrison.com.au/psyllium-products/>
- Adiluhung, W. D., & Sutrisno, A. (2018). Pengaruh Konsentrasi Glukomannan Dan Waktu Proofing Terhadap Karakteristik Tekstur Dan Organoleptik Roti Tawar Beras (*Oryza sativa*) Bebas Gluten. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 6(4).
- Ahlborn, G.J., Pike OA, Hendrix SB, Hess WM, dan Huber CS 2005. Sensory, Mechanical, And Microscopic Evaluation Of Staling In Low-Protein And Gluten-Free Breads. *Cereal Chemistry*, 82(3):328-335.
- Alabaster, O, Tang ZC, Frost A, Shivapurkar N. 1993. Potential Synergism Between Wheat Bran And Psyllium: Enhanced Inhibition Of Colon Cancer. *Cancer Letters*, 75(1):53-8.
- AMETEK Brookfield. 2016. CT3 TEXTURE ANALYZER Operating Instructions Manual No. M08-372-F1116. Brookfield Engineering. <https://www.brookfieldengineering.com/-/media/ametekbrookfield/manuals/texture/ct3%20manual%20m08-372-f1116.pdf>
- Arief R.W. dan Pujiharti Y., 2019. Preferensi Konsumen dan Analisis Titik Impas Pembuatan Kue Kembang Goyang. *Journal of Food System & Agribusiness*, 3(1):31-39.
- Arbi, A. S. (2009). *Praktikum Evaluasi Sensori* (Edisi 1). Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Babin, P., Valle, G. D., Dendievel, R., Lassoued, N., & Salvo, L. (2005). Mechanical properties of bread crumbs from tomography based Finite Element simulations. *Journal of Materials Science*, 40, 5867-5873.
- Biesiekierski, J. R. (2017). What is gluten? *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 32, 78–81
- Brum JM, Gibb RD, Peters JC, & Mattes RD. 2016. Satiety Effects Of Psyllium In Healthy Volunteers. *Appetite*, 105:27–36.
- Cauvain, S. P. (2004). Improving the texture of bread. *Texture in food*, 2, 432-450.
- Chua, M., Baldwin, T. C., Hocking, T. J., & Chan, K. (2010). Traditional uses and potential health benefits of *Amorphophallus konjac* K. Koch ex NE Br. *Journal of ethnopharmacology*, 128(2), 268-278.
- Collar C., 2019. Gluten-Free Dough-Based Foods and Technologies. In *Sorghum and Millets*. AACC International Press. P. 331-354
- Curti E., Carini E., Tribuzio G. dan Vittadini E., 2014. Bread Staling: Effect Of Gluten On Physico-Chemical Properties And Molecular Mobility. *LWT-Food Science And Technology*, 59(1):418-425.
- De La Hera, E., Rosell, C. M., & Gomez, M. (2014). Effect of water content and flour particle size on gluten-free bread quality and digestibility. *Food chemistry*, 151, 526-531.
- Demirkesen I., Mert B., Sumnu G. And Sahin S., 2010. Rheological Properties Of Gluten-Free Bread Formulations. *Journal Of Food Engineering*, 96(2):295-303.
- Endreß HU., & Christensen S. H. 2009. Pectins. *Handbook Of Hydrocolloids* Williams, P.A. And Phillips, G.O (Eds.). P. 274–297.
- Erasmus-plus. (2018). *Sensory Analysis Handbook*. <https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/5849bdbf>

- 8ca0-4b9d-b36e-668b38dd8912/Sensory-Assessment-ENG.pdf
- Foster, K. D., Woda, A., & Peyron, M. A. (2006). Effect of Texture of Plastic and Elastic Model Foods on the Parameters of Mastication. *Journal of Neurophysiology*, 95(6)
- Fradinho P., Nunes MC, dan Raymundo A, 2015. Developing Consumer Acceptable Biscuits Enriched With Psyllium Fibre. *Journal Of Food Science And Technology*, 52(8):4830–4840.
- Fratelli C., Muniz DG, Santos FG, dan Capriles VD, 2018. Modelling the effects of psyllium and water in gluten-free bread: An approach to improve the bread quality and glycemic response. *Journal of functional foods*, 42:339-345.
- Gallagher E, Gormley TR dan Arendt EK, 2004. Recent Advances In The Formulation Of Gluten-Free Cereal-Based Products. *Trends In Food Science & Technology*, 15(3-4):143-152.
- Gambus, H., Nowotna, A., Ziobro, R., Gumul, D., & Sikora, M. (2001). The effect of use of guar gum with pectin mixture in gluten-free bread. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Series Food Science and Technology*, 2(04).
- Gao, X., Tong, J., Guo, L., Yu, L., Li, S., Yang, B., Wang, L., Liu, Y., Li, F., Guo, J., Zhai, S., Liu, C., Rehman, A., Farahnaky, A., Wang, P., Wang, Z., & Cao, X. (2020). Influence of gluten and starch granules interactions on dough mixing properties in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Food Hydrocolloids*, 106, 105885.
- García-Gómez, B., Fernández-Canto, N., Vázquez-Odériz, M. L., Quiroga-García, M., Muñoz-Ferreiro, N., & Romero-Rodríguez, M. Á. (2022). Sensory descriptive analysis and hedonic consumer test for Galician type breads. *Food Control*, 134, 108765.
- Gawai, K. M., Mudgal, S. P., & Prajapati, J. B. (2017). Stabilizers, colorants, and exopolysaccharides in yogurt. In *Yogurt in health and disease prevention* (pp. 49-68). Academic Press.
- Gibb RD Jr, Russell JWM, Hasselblad DA, dan Alessio DAD. 2015. Psyllium Fiber Improves Glycemic Control Proportional To Loss Of Glycemic Control : A Meta-Analysis Of Data In Euglycemic Subjects , Patients At Risk Of Type 2 Diabetes Mellitus , And Patients Being Treated. P. 1604–1614.
- Glute Guard. (n.d.). A Breakdown of Ingredients in Gluten-Free Bread. <https://gluteguard.com.au/whatsingfbread/#:~:text=Additives,to%20strengthen%20the%20gluten%20network>.
- Goesaert, H., Brijs, Veraverbeke, K., Courtin, W.S., Gebruers, C.M., dan Delcour J.A.. 2005. Wheat Flour Constituents: How They Impact Bread Quality, And How To Impact Their Functionality. *Trends In Food Science & Technology*, 16(1-3):12-30.
- GRiSP (Global Rice Science Partnership). 2013. Rice almanac, 4th edition. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 283 p.
- Guinard, J. X., & Mazzucchelli, R. (1996). The sensory perception of texture and mouthfeel. *Trends in Food Science & Technology*, 7(7), 213-219.
- Habibi. Hossein, Khosravi-Darani, Kianoush. (2017). Effective variables on production and structure of xanthan gum and its food applications: A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 10, 130–140
- Halidi, R., (2021, Desember 03). *Penjualan Roti Indonesia Jadi yang Tertinggi di Asia Tenggara, Capai Rp2.6 Triliun!*. Suara.com <https://www.suara.com/lifestyle/2021/12/03/172612/penjualan-roti-indonesia-jadi-yang-tertinggi-di-asia-tenggara-capai-rp26-triliun>
- Herawati, H. (2018). Potensi hidrokoloid sebagai bahan tambahan pada produk pangan dan nonpangan bermutu. *Jurnal Litbang Pertanian*, 37(1), 17-25.
- IGNOU. (2017). Experiment-10 sensory. Evaluation of food products - hedonic rating test. eGyanKosh. <http://egyankosh.ac.in/handle/123456789/11521>
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS). (n.d.). *Plantago ovata* Forssk. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=504438#null
- Jefferson, D. R., Lacey, A. A., & Sadd, P. A. (2007). Crust density in bread baking: Mathematical modelling and numerical solutions. *Applied Mathematical Modelling*, 31(2), 209–225.

- Rajagopal, Selvi. (n.d.). *What Is Gluten and What Does It Do?*. Johns Hopkins Medicine.
<https://www.hopkinsmedicine.org/health/wellness-and-prevention/what-is-gluten-and-what-does-it-do>
- Karouw, S., 2013. Produk ekstrusi berbahan tepung jagung, tepung beras dan konsentrat protein krim kelapa. *Buletin Palma*, 13(2):66-73.
- Khatkar, B.S., Bell AE dan Schofield JD, 1995. The Dynamic Rheological Properties Of Glutens And Gluten Sub-Fractions From Wheats Of Good And Poor Bread Making Quality. *Journal Of Cereal Science*, 22(1):29-44.
- Kohyama, K. (2020). Food Texture – Sensory Evaluation and Instrumental Measurement. Textural Characteristics of World Foods.
- Konjac Foods. (n.d.). Konjac Glucomannan (Konjac Gum) Foods Applications. <http://www.konjacfoods.com/app1.htm>
- Lazaridou, A, Duta D, Papageorgiou M, Belc N, dan Biliaderis CG. 2007. Effects Of Hydrocolloids On Dough Rheology And Bread Quality Parameters In Gluten-Free Formulations. *Journal Of Food Engineering*. 79(3):1033-1047.
- Lebwohl, B., Ludvigsson, J. F., & Green, P. H. R. (2015). Seliak disease and non-seliak gluten sensitivity.
- Martino, F., Martino, E., Morrone, F., Carnevali, E., Forcone, R., & Niglio, T. (2005). Effect of dietary supplementation with glucomannan on plasma total cholesterol and low density lipoprotein cholesterol in hypercholesterolemic children. *Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases*, 15(3), 174-180.
- Masood, R., & Miraftab, M. (2010). Psyllium: current and future applications. In *Medical and healthcare textiles* (pp. 244-253). Woodhead Publishing. Masure, H.G., Fierens, E. dan Delcour, J.A. 2016. Current And Forward Looking Experimental Approaches In Gluten-Free Bread Making Research. *Journal Of Cereal Science*. 67:92-111.
- Mir, S. A., Shah, M. A., Naik, H. R., & Zargar, I. A. (2016). Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 49-57.
- Mec Mesin. (n.d.). How a texture analyzer works.
<https://www.textureanalyzers.com/how-texture-analyzer-works#:~:text=What%20is%20a%20texture%20analyzer,and%20analysis%20of%20product%20texture.>
- Mondal, Md. Ibrahim H.; Yeasmin, Mst. Sarmina; Rahman, Md. Saifur (2015). Preparation of food grade carboxymethyl cellulose from corn husk agrowaste. *International Journal of Biological Macromolecules*, 79(), 144–150
- Murray, JCF. 2009. Cellulosics. *Handbook Of Hydrocolloids*. Williams, P.A. And Phillips, G.O (Eds.) P. 710–723.
- Muthoharoh, D.F. dan Sutrisno A. 2017. Pembuatan Roti Tawar Bebas Gluten Berbahan Baku Tepung Garut, Tepung Beras, Dan Maizena (Konsentrasi Glukomanan Dan Waktu Proofing). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 5(2).
- Nakamura, T., Yamamori M, Hirano H, Hidaka S, dan Nagamine T, 1995. Production of waxy (amylose-free) wheats. *Molecular and General Genetics MGG*, 248(3):253-259.
- Nicolas, V., Vanin, F., Grenier, D., Lucas, T., Doursat, C., & Flick, D. (2016). Modeling bread baking with focus on overall deformation and local porosity evolution. *AIChE Journal*, 62(11), 3847–3863.
- Nutra, H. (n.d.). Konjac extract Glucomannan Powder. [indiamart.com. https://www.indiamart.com/proddetail/konjac-extract-glucomannan-powder-19175343333.html](https://www.indiamart.com/proddetail/konjac-extract-glucomannan-powder-19175343333.html)
- Ogawa, T., & Matsumura, Y. (2021). Revealing 3D structure of gluten in wheat dough by optical clearing imaging. *Nature Communications*, 12(1), 1708.
- O'Sullivan, J.J. dan O'Mahony JA, 2016. *Food Ingredients*. Ireland : Elsevier.
- Park, J. H., Kim, D. C., Lee, S. E., Kim, O. W., Kim, H., Lim, S. T., & Kim, S. S. (2014). Effects of rice flour size fractions on gluten free rice bread. *Food Science and Biotechnology*, 23, 1875-1883.
- Putri, D.A. dan Murtini ES. 2017. Potensi Edamame Sebagai Pengganti Kuning Telur Dalam Pembuatan Donat Mengandung Kentang. *Journal Of Food Technology & Industry/Jurnal Teknologi & Industri Pangan*, 28(2).
- Raghav, P. K., Agarwal, N., & Saini, M. (2016). Edible coating of fruits and

- vegetables: A review. *Education*, 1, 2455-5630.
- Rahman, M. S., Hasan, M. S., Nitai, A. S., Nam, S., Karmakar, A. K., Ahsan, M. S., ... & Ahmed, M. B. (2021). Recent developments of carboxymethyl cellulose. *Polymers*, 13(8), 1345.
- Rouillé, J., Chiron, H., Colonna, P., Della Valle, G., & Lourdin, D. (2010). Dough/crumb transition during French bread baking. *Journal of cereal science*, 52(2), 161-169.
- Shewry, P. (2019). What is gluten—why is it special?. *Frontiers in nutrition*, 101.
- Singh, H., & MacRitchie, F. (2001). Application of polymer science to properties of gluten. *Journal of Cereal Science*, 33, 231-243.
- Solà, R., Gemma Godàs, Josep Ribalta, Joan-Carles Vallvé, Josefa Girona, Anna Anguera, MaAdoración Ostos, Delia Recalde, Juliana Salazar dan Muriel Caslake. 2007. Effects Of Soluble Fiber (Plantago Ovata Husk) On Plasma Lipids, Lipoproteins, And Apolipoproteins In Men With Ischemic Heart Disease. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, 85(4), 1157–1163.
- Stable Micro Systems. (n.d.). Texture Analysis – a Beginner's Guide <https://www.stablemicrosystems.com/BeginnersGuideToTextureAnalysis.html>
- Stokes, J. R., Boehm, M. W., & Baier, S. K. (2013). Oral processing, texture and mouthfeel: From rheology to tribology and beyond. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 18(4), 349-359.
- Sudarmadj, S. H. 1997. *Analisa Bahan Makanan Dan Pertanian*. Liberty : Yogyakarta.
- Sworn, G., 2009. Xanthan Gum. In *Handbook Of Hydrocolloids*. Williams, P.A. And Phillips, G.O (Eds.). Woodhead Publishing.
- Takigami, S. 2009. Konjac Mannan. *Handbook Of Hydrocolloids*. Williams, P.A. And Phillips, G.O (Eds.). P. 889–901.
- Thorvaldsson, K., & Skjöldebrand, C. (1998). Water diffusion in bread during baking. *LWT-Food Science and Technology*, 31(7-8), 658-663.
- Wijayati, P. D., & Suryana, A. (2019). Permintaan pangan sumber karbohidrat di Indonesia. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 17(1), 13-26.
- Williams, P.A. dan Phillips GO, 2009. Introduction To Food Hydrocolloids. In *Handbook Of Hydrocolloids*. United Kingdom : Woodhead Publishing. P. 1-22
- Wüstenberg, T. (2015). General overview of food hydrocolloids. *Cellulose and Cellulose Derivatives in the Food industry Fundamentals and Applications*; Wüstenberg, T., Ed, 1-68.