

### 3. REVIEW

#### 3.1. Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Seliak dan Manfaat Tepung Pengganti untuk Penyakit Seliak

Penyakit seliak merupakan penyakit autoimun dimana terjadinya peradangan pada usus kecil yang kronis yang disebabkan karena konsumsi gluten (gandum, *barley*, dan gandum hitam). Penyakit ini disebabkan oleh intoleransi terhadap gliadin (komponen dari gluten yang terdapat pada gandum dan protein yang terdapat pada *rye* dan *barley*). (Prince, *et al.*, 2000). Penyakit seliak dapat ditunjukkan dengan beberapa gejala seperti diare yang parah, daya penyerapan atau absorpsi yang buruk atau dengan gejala yang lebih ringan. Tidak seperti alergi makanan pada umumnya, protein gluten yang menjadi patogen pada penderita seliak diaktivasi oleh enzim transglutaminase (TTG) (Green, *et al.*, 2015; Schuppan & Zimmer, 2013).

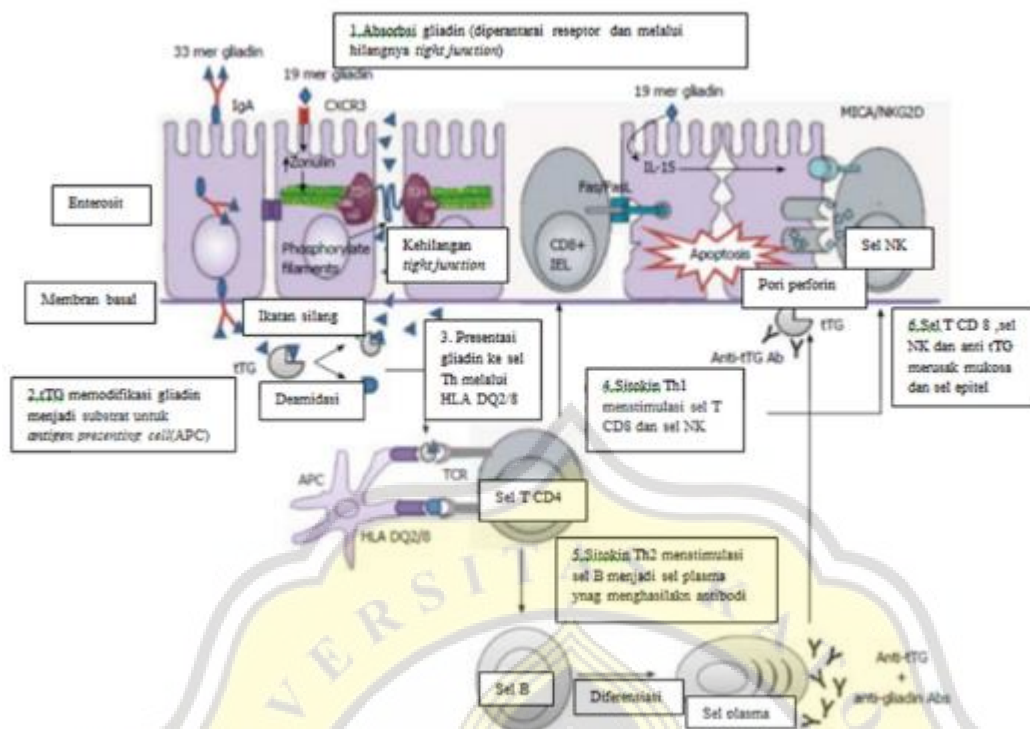
Gluten sendiri tersusun atas glutenin dan gliadin, dimana pada glutenin sendiri tidak memiliki kaitannya dengan penyakit seliak sedangkan peptida gliadin ada kaitannya dengan penyakit seliak. Gliadin sendiri merupakan protein yang larut dalam alkohol 30 kDa yang kaya akan residu prolin dan glutamin (Ang *et al.*, 2010; Van Den Broeck *et al.*, 2009). Pada usus kecil, gluten dicerna menjadi peptida di usus kecil tetapi sisa glutamin dan prolin yang relatif besar dan kaya akan peptida akan tetap utuh di lumen usus. Namun pada penderita seliak, peptida yang dicerna sebagian mencapai daerah sub-epitel di usus kecil. Ini mungkin termasuk melalui epitel yang rusak, trans-epitel, atau transitis retro IgA. Nantinya, peptida ( $\alpha$ -gliadin 31-43) p31-43/49 mengaktifkan IL-15 dan reseptor NK dan menginduksi apoptosis enterosit, meningkatkan regulasi molekul MHC kelas I, mengaktifkan MAP jalur kinase dan meningkatkan ekspresi sel dendritik (Bascañán, *et al.*, 2017)

Penyakit seliak merupakan salah satu penyakit dengan karakteristik yang baik dari sistem kekebalan tubuh. Efek yang ditimbulkan pada penderita penyakit seliak di antaranya seperti kecenderungan genetik (HLA-DQ2 dan HLA-DQ8), faktor penyebab yang jelas (gluten), dan autoantibodi yang sangat spesifik dan sensitif terhadap enzim di tubuh secara alami, serta jaringan transglutaminase (TG2). Transglutaminase sendiri

merupakan autoantigen yang memiliki peran pokok dalam penyakit seliak. TG2 memiliki potensi imunogenisitas dari imunogenik peptida gluten melalui reaksi kimia di usus kecil (*deamidation*) (Schuppan & Zimmer, 2013).

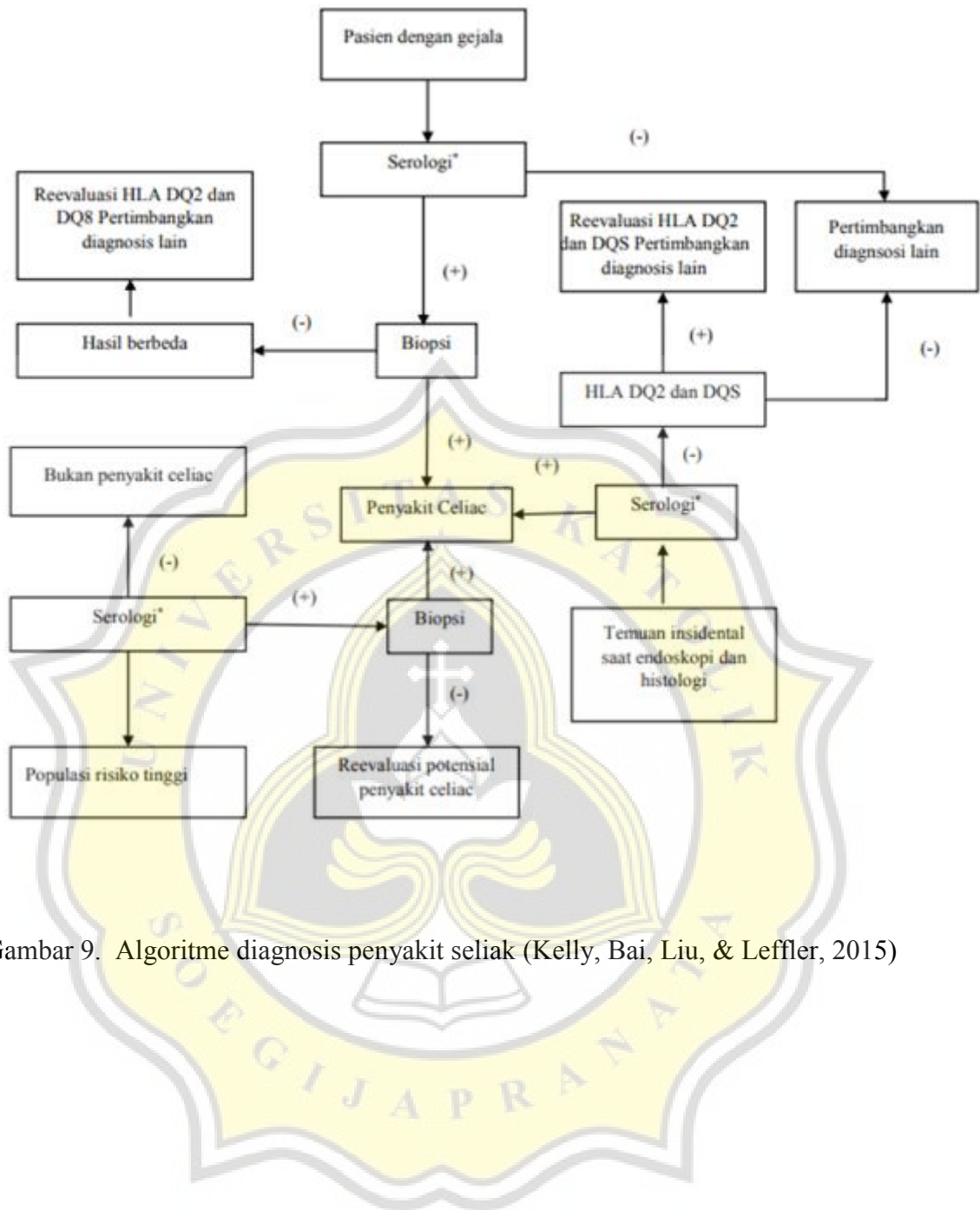
Salah satu faktor yang menyebabkan dapat terjadinya penyakit seliak adalah defisiensi selektif pada imunoglobulin A (IgA). Defisiensi pada imunoglobulin A ini dapat didefinisikan sebagai total defisiensi yang paling umum di dalam serum dan sekresi. Walaupun yang banyak mengalami defisiensi terhadap IgA ini merupakan orang-orang dengan status kesehatan yang sehat, tetapi masih mempengaruhi beberapa dari mereka yang memiliki penyakit termasuk infeksi, alergi, dan kelainan autoimun (Sleasman, 1996). Pada studi yang dilakukan oleh Cataldo, *et al.* (1997) ditemukan bahwa 12 dari 688 pasien dengan penyakit seliak yang tidak mendapatkan perawatan (1,74%) memiliki defisiensi pada IgA dan tidak memproduksi antibodi endosilum (EMA) dan IgA AGA (serum antigliadin antibody), pada semua subjek ini memiliki IgG AGA yang terdeteksi.

Seliak ditandai dengan jumlah limfosit yang meningkat pada epitel dan lamina propria, destruksi sel epitel, hilangnya vilus usus halus, *remodelling* mukosa dan munculnya autoantibodi terhadap enzim *tissue transglutaminase type 2* (tTG2). Aktivasi sel T CD4 pada lamina propria yang ada di mukosa merupakan elemen kunci pada patogenesis dari penyakit seliak. Kerta TG2 diliputi dari beberapa transformasi residu glutamin menjadi asam glutamat yang menyebabkan meningkatnya afinitas antara molekul HLA-DQ2 dan atau HLA-DQ8 dengan fragmen peptida yang resisten terhadap enzim pencernaan yang memiliki sifat proteolitik serta menyebabkan pajanan muatan negatif. Selain itu aktivasi dari sel T dapat memicu respon dari sitokin Th-1 proinflamasi yang didominasi oleh IFN- $\gamma$  dan sitokin lainnya (TNF- $\alpha$ , IL-18, dan IL-21). Lesi yang terjadi di mukosa dapat menyebabkan menurunnya ambilan nutrisi serta malabsorpsi jika didasarkan pada hal-hal tersebut (Rosell & National, 2015; Stein & Schuppan, 2014).



Gambar 8. Mekanisme kerusakan mukosa pada penyakit seliak (N. Gujral, *et al.*, 2012)

Pencegahan terhadap penyakit seliak ini dapat dilakukan salah satunya dengan mengkonsumsi produk pangan berbasis bebas gluten. *Cake* merupakan salah satu produk pangan berbasis *bakery* yang biasanya dibuat dengan menggunakan tepung terigu sebagai bahan utamanya dimana pada tepung terigu sendiri mengandung gluten, namun karena para penyandang penyakit seliak tidak dapat mengkonsumsi produk dengan kandungan gluten maka mulai bermunculan produk bebas gluten dengan tujuan metode ini dapat dijadikan sebagai salah satu metode yang baik dalam menangani perbaikan nutrisi untuk individu yang tidak memiliki toleransi pada gluten.



Gambar 9. Algoritme diagnosis penyakit seliak (Kelly, Bai, Liu, & Leffler, 2015)

Tabel 3. Studi *In Vitro* dan *In Vivo* tentang Tepung Pengganti

Jenis Tepung	Dosis	Waktu (minggu)	Subjek	Uji Klinis	Penemuan Utama	Pustaka
<i>Prosopis alba</i>	Penghambatan lipoksigenase = campuran substrat (50 $\mu$ M asam linoleat 0.2 M dan buffer borat pH 9) serta enzim ( 500 U soy LOX-1)  Penghambatan fosfolipase A <sub>2</sub> = 1,2 diheptanoylthio-glycerophosphocholine (1,2 dHGPC) dan Triton X-100 sebagai substrat.	-	Isolat protein	<i>Laboratory studies</i>	Digunakan isolat protein sebagai medianya. Setelah dilakukan preparasi pada isolat protein. Hasil menunjukkan bahwa protein yang diisolasi menggunakan tepung <i>P. alba</i> memiliki sifat anti-inflamasi yang tinggi, hidrolisis menurunkan aktivitas lipoksigenase pada masing-masing dosis.	(Florenzia Cattaneo <i>et al.</i> , 2014)
Yacon	1 = kontrol (pakan biasa)	8	Tikus betina	<i>Animal studies</i>	Didapatkan kadar proporsi karbohidrat yang tinggi disusul dengan protein, lipid, abu, dan serat kasar. Terdapat kenaikan jumlah yang	(Choque Delgado <i>et al.</i> , 2012)

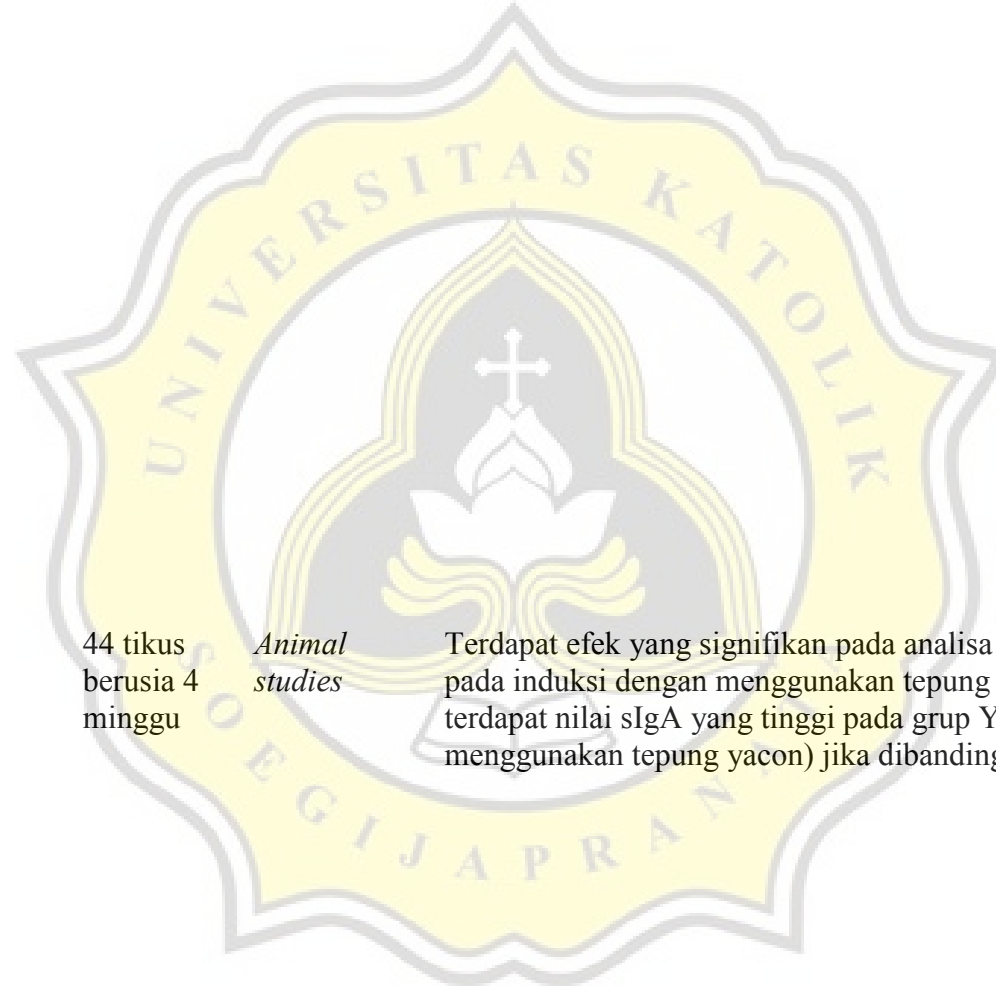
2 = pakan  
biasa yang  
dicampur  
dengan 5%  
FOS

3 = pakan  
biasa yang  
diberikan  
tepung yacon  
yang  
mengandung  
3% FOS

4 = pakan  
biasa yang  
diberikan  
tepung yacon  
dengan  
kandungan  
5% FOS

Grup S dan C 16  
= AIN-93 M  
(tanpa  
penambahan  
yacon)  
Grup Y dan  
CY = AIN-93  
M dengan  
tepung yacon  
yang  
mengandung  
5 g/kg FOS.

signifikan pada IgA yang terdapat pada feses tikus dengan makanan yacon.



44 tikus  
berusia 4  
minggu  
*Animal  
studies*

Terdapat efek yang signifikan pada analisa TNF- $\alpha$ /IL-10 yang terdapat pada induksi dengan menggunakan tepung yacon. Selain itu juga terdapat nilai sIgA yang tinggi pada grup Y (tanpa induksi CRC dan menggunakan tepung yacon) jika dibandingkan dengan grup yang lain.

(Verediano  
*et al.*, 2020)



	Makanan yang ditambahkan tepung dari yacon 340 mg/kg per hari	10	Tikus BALB/c yang umur 6 minggu	<i>Animal studies</i>	Tikus yang diberikan tepung yacon menunjukkan peningkatan nilai dari sIgA. Selain itu, tepung yang diberikan tepung yacon juga meningkatkan sel IL-12.	(Bibas Bonet <i>et al.</i> , 2010)
	Total rata-rata konsumsi dari FOS adalah 0,09±0,04 g/kg berat badan	18	Anak-anak prasekolah dengan umur 2 sampai 5 tahun	<i>Cohort studies</i>	Senyawa fruktooligosakarida (FOS) dapat meningkatkan konsentrasi dari sIgA dan serum dari IL-4.	(Vaz-Tostes <i>et al.</i> , 2014)
<i>Chickpea</i>	1 = kontrol (basal diet) 2 = <i>Chickpea Diet</i> (CK) terdiri dari Basal Diet) yang ditambah dengan 20% tepung <i>Chickpea</i>	3	Tikus jantan (C57B1/6) yang umur 5 minggu	<i>Animal studies</i>	Aktivasi pada NF κB berkurang, selain itu produksi inflamasi sitokin TNF-α dan IL-18 juga berkurang. Didapatkan peningkatan dari anti-inflamasi sitokin IL-10 pada tikus dengan pakan tepung <i>chickpea</i> .	(Monk <i>et al.</i> , 2018)
	Tepung <i>Chickpea</i> yang telah dimasak dicampur dengan akan	14	Tikus BALC/c jantan berumur 6-8 minggu	<i>Animal studies</i>	Tidak didapatkan perbandingan yang signifikan antara makanan dengan tepung <i>chickpea</i> dengan kontrol negatif	(Cid-Gallegos <i>et al.</i> , 2020)

dengan kadar  
10%

			42 Tikus albino	<i>Animal studies</i>	Didapatkan ekstrak metanol yang terdapat pada tepung <i>chickpea</i> dan ekstrak metanol tersebut menunjukkan penghambatan inflamasi dan penurunan yang signifikan.	(Masroor, <i>et al.</i> 2018)
Beras	3		Tikus transgenik umur 6 minggu	<i>Animal studies</i>	Penggunaan tepung beras yang memiliki ketahanan pati yang tinggi menunjukkan bahwa dapat menurunkan IL-6 serta memberikan efek penurunan terhadap serum NF $\kappa$ B dan TNF- $\alpha$ .	(S. Rossi <i>et al.</i> , 2020)
	< 1		Sel di dalam darah manusia	<i>Laboratory studies</i>	Senyawa yang terdapat pada tepung beras dapat mengurangi produksi TNF- $\alpha$ dan IL-6.	(Shalini <i>et al.</i> , 2012)



Pada Tabel 3, tepung yang digunakan sebagai pengganti tepung terigu pada *cake* atau kue terbukti memiliki efek anti inflamasi pada penelitian terhadap hewan.

Secara umum, semua hewan baik itu tikus atau kelinci yang akan dijadikan sebagai model penelitian diberi makanan sesuai dengan syarat yang telah ditentukan selama waktu penelitian dilakukan. Hewan akan dibagi menjadi beberapa grup dan diberi perlakuan seperti perlakuan kontrol dengan diet yang normal dan perlakuan dengan diet yang diberikan dosis tertentu. Jumlah hewan yang digunakan bervariasi dan waktu penelitian umumnya dilakukan selama 3 sampai 10 minggu. Cahaya dan suhu yang terdapat pada tempat tinggal hewan dikontrol sedemikian rupa dengan tujuan hewan yang dijadikan sebagai model penelitian dapat hidup sesuai dengan waktu perlakuan yang telah ditentukan.

a. Tepung *Prosopis Alba*

Pada Tabel 3, penelitian Florencia Cattaneo *et al.* (2014), telah dilakukan pengujian anti-inflamasi tepung *P. alba* menggunakan isolat protein. Isolat protein yang mengandung tepung *P. alba* didapatkan aktivitas anti-inflamasi yang didasarkan pada aktivitas antioksidan yang relatif tinggi. Sementara, protein yang diisolasi tanpa menggunakan tepung tidak aktif terhadap enzim lipoksigenase (LOX) sampai 150 g/mL. Hidrolisat menurunkan aktivitas lipoksigenase sebesar  $19 \pm 2,6$  dan  $52 \pm 1,5\%$  pada masing-masing 75 dan 100 Ig/mL. Nilai IC<sub>50</sub> untuk protein hidrolisat adalah 100 Ig/mL dan untuk kontrol naproxen adalah 14 Ig/mL. Hal ini menunjukkan bahwa hidrolisis spesifik proses yang digunakan meningkatkan bioaktivitas. Namun protein hidrolisat dan protein yang diisolasi tidak mengubah aktivitas sPLA<sub>2</sub> secara signifikan.

Proses peradangan dapat dipengaruhi oleh penghambatan dari enzim lipoksigenase (LOX) karena enzim ini dapat berpartisipasi dalam modifikasi oksidatif dari *low-density lipoproteins* (LDL) dan perkembangan lesi aterosklerotik serta terlibat dalam pembentukan eikosanoid proinflamasi (hidroperoksida dan leukotrien) dari asam lemak (A. Rossi *et al.*, 2010; Wirkungsmechanismus & Sadik, 2005). Selain itu, enzim lipoksigenase merupakan enzim yang sensitif terhadap antioksidan dan biasanya menghambat pembentukan lipid hidroperoksida karena pembentukan *lipid-oxylipidperoxy-radicals* yang terjadi selama peroksidasi enzimatik sehingga

dapat membatasi substrat lipid hidroperoksida yang diperlukan untuk siklus katalitik dari enzim lipoksigenase. Jadi, penghambatan dari enzim lipoksigenase (LOX) dengan kapasitas antioksidan dari hidrolisat mungkin berguna untuk mencegah atau mengurangi komplikasi dari inflamasi (Florenzia Cattaneo *et al.*, 2014). Lipoksigenase sendiri merupakan salah satu sumber potensial yang merupakan jalur dari inflamasi dari penyakit seliak (Al-Mashhadani, 2009), tetapi dikarenakan pada penelitian ini masih menggunakan reagen maka dapat dikatakan bahwa penelitian ini masih sangat lemah.

b. Tepung Yacon

Didapat hasil Pada Tabel 3, penelitian Choque Delgado *et al.*, (2012) melakukan uji pada komposisi kimia yang ada pada tepung yacon serta test kadar dari serum imunoglobulin M (IgM), imunoglobulin G (IgG) dan imunoglobulin A (IgA) serta imunoglobulin A yang terdapat dalam feses. IgG, IgM, dan IgA merupakan 3 dari % molekul antibodi yang terdiri dari untaian peptida yang panjang. Dari hasil penelitian Choque Delgado *et al.*, (2012) mengenai komposisi kimia pada tepung yacon, didapatkan kadar proporsi karbohidrat yang tinggi (86,13%), protein (2,45%  $\pm$  0,09%), lipid (0,87%  $\pm$  0,10%), abu (2,53%  $\pm$  0,14%), kelembaban (8,02%  $\pm$  0,08%) serta serat kasar (3,46%  $\pm$  0,12%). Sedangkan pada penelitian kadar dari serum imunoglobulin, tidak terdapat perbedaan signifikan pada serum IgG dan IgA tetapi terdapat penurunan signifikan pada serum IgM pada tikus yang diberi makanan yang mengandung 3 yacon FOS. Pada sampel feses menunjukkan kenaikan signifikan pada jumlah dari IgA dalam sampel yang dikumpulkan dari tikus yang diberikan makanan yacon FOS.

Dari data yang telah diamati ini, didapatkan peningkatan besar pada kadar IgA dalam feses tikus serta konsumsi FOS yang meningkatkan kadar IgA dalam jaringan usus. Imunoglobulin A sendiri dapat berfungsi sebagai sistem untuk menetralkan mikroorganisme patogen atau racun atau bisa juga disebut sebagai proses *low-affinity* yang mengandung mikrobiota padat dari lumen usus. Diet dengan kandungan FOS juga dapat merangsang sistem kekebalan mukosa usus serta meningkatkan kemanjuran vaksin yang diberikan secara oral (Benyacoub *et al.*, 2008; MacPherson, *et al.*, 2008).

Berdasarkan Tabel 3, penelitian Verediano *et al.*, (2020), pertama melakukan uji kuantifikasi sitokin menggunakan ELISA (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*). Pada uji ini, tepung yacon yang telah disuplementasi tidak memberikan efek signifikan pada IL-10 dan IL-12 serta IL-12/IL-10. IL-10 atau interleukin-10 sendiri memberikan efek yang mempengaruhi immunoregulasi dan inflamasi dengan meningkatkan jumlah sel CD8<sup>+</sup> dan jumlah antigen dan dengan menghambat mediator inflamasi seperti IL-12 yang menekan pertumbuhan tumor (Teng *et al.*, 2011). Tetapi pada analisa TNF- $\alpha$ /IL-10 yang merepresentasikan keseimbangan antara sitokin pro- dan anti-inflamasi, terdapat efek yang signifikan pada suplementasi yacon yang dibuktikan dengan rendahnya rasio pada grup Y (tanpa induksi CRC dan dengan tepung yacon) dibandingkan dengan grup C (dengan induksi CRC dan tanpa tepung yacon). Limfosit Th2 memproduksi IL-10 dan menghambat sitokin yang bergantung pada makrofag yang disintesis oleh sel Th1 yang juga memproduksi TNF- $\alpha$  (Kumari *et al.*, 2018). Tikus BALB/c yang disuplementasi menggunakan produk berbasis yacon (60g/kg FOS) menunjukkan peningkatan pada jumlah sel T (T reg) pada usus besar dan sel ini juga memproduksi IL-10 (Gorosito Serrán *et al.*, 2015; Marcon *et al.*, 2019).

Selanjutnya adalah produksi imunoglobulin A. Pada grup Y, terdapat nilai sIgA tertinggi jika dibandingkan dengan grup lain, tetapi interaksi antara YF dan CRC ( $p < 0,05$ ) dan tidak ada perbedaan di antara grup C dan CY ( $p < 0,05$ ). Kenaikan nilai dari sIgA (menggunakan yacon 75 g/kg FOS) setelah induksi CRC ini menunjukkan aksi dari sistem imun yang melawan inflamasi yang disebabkan oleh karsinogenesis. Kenaikan nilai sIgA dapat dikaitkan dengan kandungan FOS yang terfermentasi oleh bifidobakteria di sekum. Telah diketahui bahwa sIgA memiliki peran utama untuk menghambat proses pertumbuhan bakteri patogen pada usus dan penetrasinya di dalam mukosa serta melindungi epitel dari racun dan patogen (Grancieri *et al.*, 2017; Pabst, 2012). Yang ketiga adalah uji permeabilitas dari usus, pada uji kali ini interaksi antara tepung yacon dengan CRC menurunkan rasio dari laktulosa dan mannitol pada urine yang merepresentasikan reduksi di permeabilitas usus. Suplementasi dari yacon juga memberikan efek menguntungkan dengan mengurangi permeabilitas pada usus hewan yang dimana ini sangat relevan karena permeabilitas yang tinggi ada kaitannya dengan inflamasi atau peradangan. FOS dapat bertindak pada *barrier* usus

secara menguntungkan dengan meningkatkan produksi dari *mucin*, yang memungkinkan lewatnya beberapa zat sambil membatasi zat yang lain (Sina *et al.*, 2018; Witten *et al.*, 2018).

Berdasarkan tabel 3, penelitian (Bibas Bonet *et al.*, 2010), dilakukan beberapa penelitian. Pertama adalah pengaruh pemberian tepung akar yacon terhadap kadar IgA yang disekresikan pada cairan usus. Dari hasil penelitian tersebut, tikus yang diberikan tepung yacon menunjukkan peningkatan nilai dari s-IgA pada cairan usus kecil pada hari ke 15, 30 dan 40 jika dibandingkan dengan kontrol. Nilai dari IgA+ meningkat signifikan setelah hari ke-30 setelah diberikan tepung yacon ( $98 \pm 5$ ) jika dibandingkan dengan kontrol ( $80 \pm 5$ ). Sel dari sekresi IgA ini dapat melepaskan antibodi di dalam lumen. Pada cairan di dalam usus besar tikus yang telah diberi prebiotik tidak terdapat peningkatan untuk s-IgA. Penelitian yang selanjutnya adalah studi tentang sel sitokin positif pada jaringan usus. Tikus yang diberikan tepung akar yacon meningkatkan sel IL-12 pada lamina propria usus halus sampai hari ke-60 sedangkan untuk usus besar hanya pada hari ke-60. Sel IFN $\gamma$  hanya meningkat di usus halus setelah 45 hari sedangkan di usus besar terjadi peningkatan setelah 15 hari. Sitokin sendiri diproduksi oleh sel-sel yang telah diaktifkan dan selama terjadi inflamasi, mereka mampu untuk mengaktifkan sel-sel yang lain.

Selain IL-12, IL-10 juga diamati dalam studi ini. IL-10 dapat menghambat produksi oleh IL-1, IL-2, IL-12 dan TNF $\alpha$  oleh makrofag. Selain itu juga menghambat fungsi lain dari aktivasi sel T dan makrofag. IL-10 juga sangat penting sebagai regulator pada usus (Berg *et al.*, 1996). IL-10 juga terlibat dalam keadaan normal terhadap flora bakteri asli dan kekurangannya terkait dengan inflamasi atau peradangan. Dalam studi ini, sel IL-10 yang ada pada usus kecil dari tikus yang menerima tepung yacon meningkat dari hari ke 30 dan jumlah sel yang tinggi ini dipertahankan sampai akhir masa percobaan. Pada usus besar, peningkatan sitokin diamati sampai hari ke-30, yang mana sesuai dengan peningkatan proinflamasi sitokin IFN $\gamma$ .

Berdasarkan tabel 3, penelitian *human study* dari Vaz-Tostes *et al.* (2014), didapatkan hasil penelitian yang menemukan bahwa FOS meningkatkan konsentrasi sIgA dan serum dari IL-4. Terjadi peningkatan sIgA pada feses setelah intervensi (sebelum :  $1125,64 \pm 403,99 \mu\text{mL}$  ; sesudah :  $2406,49 \pm 686,40 \mu\text{mL}$ ). Hal ini

menunjukkan pentingnya penambahan dari FOS pada makanan anak-anak. sIgA sendiri memiliki peran sebagai garis pertahanan pertama yang antigen mikroba di mukosa usus. Sedangkan IL-4 merupakan imunomodulator sitokin yang disekresikan oleh limfosit T, sel mast dan basofil yang telah diaktivasi. Ini mempunyai peran penting dalam memodulasi keseimbangan antara pro dan anti-inflamasi (Hou *et al.*, 1988; Surono *et al.*, 2011). Selain itu, FOS juga memodulasi respon imun usus pada hewan yang mengkonsumsi tepung yacon dengan meningkatkan IgA, IL-10 dan IL-4 pada usus (Bibas Bonet *et al.*, 2010). Terjadi peningkatan sel pada IL-4 di usus, paling utamanya pada sel mast. Dalam kasus ini, peran sel mast pada mukosa lebih berkaitan dengan respon adaptif atau pembersihan antigen daripada mediasi dari proses alergi yang responnya terbatas pada struktur alergen.

Setelah dilakukan penelitian terhadap *study* pada tepung Yacon, maka terdapat beberapa biomarkers yang ada kaitannya dengan penyakit seliak itu sendiri. Yang pertama adalah Immunoglobulin A. Defisiensi pada sIgA sendiri defisiensi yang ditemukan pada banyak individu baik itu mereka yang masih sehat atau mereka yang memiliki gangguan autoimun seperti penderita seliak. Defisiensi IgA yang terdapat pada pasien penderita penyakit seliak ini umumnya berada di antara 2 sampai 3%, dan menunjukkan peningkatan 10 hingga 15 kali lipat dari populasi umum (Kumar *et al.*, 2002). Sehingga dengan pemberian tepung Yacon terhadap penderita penyakit seliak dapat meningkatkan konsentrasi imunoglobulin A yang kurang pada penderita penyakit tersebut. Sedangkan untuk IL-10 dan IL-4, tidak didapatkan defisiensi primer sel pada IL-4 dan IL-10 di usus kecil penderita seliak (Beckett *et al.*, 1996). Tetapi IL-10 dapat menghindari produksi TNF- $\alpha$  dan produksi dari sitokin proinflamasi yang lain. Selain itu, dikarenakan uji yang digunakan pada tepung yacon ini adalah *cohort study* dimana menggunakan manusia sebagai uji klinisnya, maka dari itu dapat disimpulkan bahwa studi pada tepung ini sangat kuat sehingga dapat dikatakan bahwa tepung yacon sangat efektif untuk membantu para penyandang penyakit seliak.

c. Tepung *Chickpea*

Berdasarkan Tabel 3, penelitian *animal study* tentang tepung *Chickpea* oleh Monk *et al.*, (2018), terdapat penelitian yang dilakukan mengenai aktivasi faktor transkripsi peradangan atau inflamasi dan ekspresi protein sitokin. Walaupun faktor transkripsi



inflamasi STAT3 tidak berbeda antara grup kontrol dengan tepung *Chickpea* ( $P>0,05$ ), aktivasi NF $\kappa$ B pada tikus dengan pakan tepung *Chickpea* berkurang. Selain itu, ekspresi protein sitokin pada usus menunjukkan bahwa pemberian makan dengan tepung *Chickpea* mengurangi produksi inflamasi sitokin TNF $\alpha$  dan IL-18. Produksi TNF $\alpha$  sendiri merupakan hilir dari aktivasi transkripsi NF  $\kappa$ B dan di kolitis, TNF $\alpha$  atau NF  $\kappa$ B ini menginduksi peradangan (Wullaert, *et al.*, 2011). Selain itu, kolitis IL-18 dapat memperburuk keadaan kolitis dan peradangan dengan mengganggu kerja dari sel epitel dan dapat membuat disfungsi dari sel goblet sehingga nantinya dapat menyebabkan kerusakan pada *barrier* mukosa (Nowarski *et al.*, 2015).

Selain itu, produksi anti-inflamasi sitokin IL-10 pada tikus yang diberi pra-makan tepung *Chickpea* meningkat, yang mana memberi sinyal melalui reseptor IL-10 dengan berbagai mekanisme untuk menghindarkan produksi dari TNF $\alpha$  serta produksi dari sitokin proinflamasi yang lain (Li *et al.*, 2014; Raza & Shata, 2013; Saraiva & O'Garra, 2010).

Berdasarkan Tabel 3, penelitian (Cid-Gallegos *et al.*, 2020), dilakukan uji konsentrasi oksida nitrat (NO) dalam homogenat usus besar. Seperti yang sudah diketahui, NO memiliki hubungan dengan peradangan atau inflamasi pada jaringan yang dapat mengarah kepada karsinogenik. Menurut (Milán-Noris *et al.*, 2018), ekstrak dari metanol yang ada pada tepung *Chickpea* yang telah dimasak memiliki lebih banyak aktivitas anti-inflamasi atau anti peradangan jika dibandingkan dengan konsentrat protein, sehingga dapat menghambat produksi NO lebih efektif. Selain itu, penelitian lain dilakukan dengan memberikan ekstrak metanol dari *Chickpea* pada tikus dengan dosis 200 dan 400 mg/kg mendapatkan hasil yang signifikan terhadap potensi anti-inflamasi (Masroor *et al.*, 2018). Maka dari itu, efek yang ditunjukkan dalam studi ini mungkin dapat disebabkan oleh senyawa-senyawa yang terdapat dalam tepung *Chickpea* matang. Namun pada kelompok yang hanya menerima tambahan makanan dengan kadar tepung *Chickpea* sebesar 10% dan 20% tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam konsentrasi NO jika dibandingkan dengan kontrol negatif, sehingga dapat dikatakan bahwa CC tidak menyebabkan ekspresi berlebih dari NO, menunjukkan diare atau konstipasi pada tikus.



Selanjutnya, pada tabel 3, penelitian (Masroor *et al.*, 2018), injeksi karagenan untuk memproduksi inflamasi sehingga nantinya ekstrak dari metanol yang ada pada *Chickpea* akan diinjeksikan satu jam sebelum injeksi karagenan. Setelah satu jam diberikan injeksi metanol secara oral, tikus disuntik dengan menggunakan karagenan. Efek yang diberikan pada setiap kelompok yang diuji pada jam pertama signifikan. Ekstrak metanol dari *Chickpea* (MECAB dan MECAW) pada dosis 200 dan 400 mg/kg menunjukkan efek penghambatan selama 1 sampai 5 jam, serta menunjukkan penurunan yang signifikan ( $p < 0.001$ ) pada volume edema di kaki. Efek ini dapat disebabkan karena adanya penghambatan prostaglandin atau histamin. Histamin sendiri memiliki peran untuk meningkatkan permeabilitas dan melebarkan pembuluh darah serta sebagai mediator inflamasi yang penting. Maka dari itu, ekstrak metanol dari *Chickpea* menunjukkan aktivitas anti-inflamasi dengan cara menghambat sintesis histamin, serotonin dan prostaglandin yang menyebabkan peradangan (Shah & Alagawadi, 2011; Shukla *et al.*, 2010).

Setelah dilakukan studi pada tepung *chickpea*, maka didapatkan beberapa biomarker yang ada kaitannya dengan penyakit seliak itu sendiri. Pertama adalah IL10. Walaupun pada penjelasan sebelumnya dikatakan bahwa tidak terdapat defisiensi IL-10 pada penderita penyakit seliak, IL-10 dapat menghindarkan produksi dari TNF- $\alpha$  dan sitokin proinflamasi yang lainnya (Li *et al.*, 2014; Raza & Shata, 2013; Saraiva & O'Garra, 2010). Telah diketahui bahwa TNF- $\alpha$  itu sendiri merupakan salah satu sitokin proinflamasi yang terdapat pada penyakit seliak. Sitokin ini sendiri diproduksi oleh makrofag $\gamma$  pada lamina propria pasien dengan kondisi yang tidak diobati (Beckett *et al.*, 1996; Oktadiana, *et al.*, 2017).

d. Tepung Beras

Berdasarkan Tabel 3, penelitian (Yuan, *et al.*, 2016), dilakukan koleksi dan determinasi dari faktor inflamasi dengan cara darah dari tikus dikumpulkan dan ditempatkan di suhu ruang selama 20 menit dan kemudian disentrifugasi 3000 g selama 15 menit. Hasil menunjukkan bahwa pada Se-Rich Rice with High Resistant Starch atau tepung beras yang diperkaya dengan Se atau Selenium (SRRS) dan Normal Rice with High Resistant Starch menurunkan tingkat C-reactive protein (CRP) ( $79.89 \pm 2.13$ ) jika dibandingkan dengan kelompok lain (SRF dan DC). Sedangkan kadar IL-6 juga dapat diturunkan dengan menggunakan SRRS dan NRRS

( $56.38 \pm 6.70$  dan  $58.98 \pm 5.62$ ). Selain itu juga dapat memberikan efek penurunan yang serupa pada kadar serum NF  $\kappa$ B dan TNF $\alpha$  pada tikus. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian SRRS dan NRRS selama empat minggu dapat menghambat dan meringankan gejala peradangan kronis. C-reactive protein atau CRP sendiri merupakan penanda peradangan dan termasuk di dalam kelas protein dengan fase akut. CRP, IL-6, serta TNF $\alpha$  sendiri dapat mengurangi sensitivitas terhadap insulin dan meningkatkan respon dari inflamasi (Choi *et al.*, 2004).

Berdasarkan Tabel 3, penelitian Shalini *et al.* (2012), dilakukan pengujian Tricin untuk menghambat LPS, dan menginduksi produksi dari TNF- $\alpha$  dan IL-6. PBMC yang telah diinduksi oleh LPS diobati dengan tricin 15M, lalu supernatan dikumpulkan setelah 6 dan 16 jam untuk penentuan TNF- $\alpha$  dan IL-6. Hasil yang ditemukan adalah bahwa tricin secara signifikan mengurangi produksi TNF- $\alpha$  dan IL-6 jika dibandingkan dengan sel yang diobati oleh LPS. Tricin sangat efektif dalam mengurangi sitokin dan memblokir baik protein dari IL-6 dan TNF- $\alpha$  maupun ekspresi level mRNA di LPS dalam PBMC manusia yang diinduksi.

Setelah dilakukan studi pada tepung beras, maka didapatkan beberapa biomarker yang ada kaitannya dengan penyakit seliak itu sendiri. Yang pertama adalah tricin yang dapat mengobati dan mengurangi produksi dari TNF- $\alpha$  yang merupakan sitokin proinflamasi yang terdapat pada penderita penyakit seliak.

Tabel 4. Senyawa Anti-Inflamasi yang ada pada Tepung Pengganti

Jenis Tepung Pengganti	Senyawa Anti-Inflamasi	Metode ( possible mechanism)	Pustaka
<i>Prosopis alba.</i>	Komponen Fenolik dan antioksidan	◆■	(Cardozo <i>et al.</i> , 2010)
	Isovitexin	▲	(Cattaneo <i>et al.</i> , 2019)
	Flavonoid C-glikosida dan O-glikosida	▲	(Pérez <i>et al.</i> , 2014)
Yacon	Komponen polifenol (flavonoid C-glikosil).	▲	(F. Cattaneo <i>et al.</i> , 2016)
	Fruktooligosakarida (FOS) dan komponen fenolik	■	(Honoré, <i>et al.</i> , 2018)
	Komponen flavonoid dan fenolik	●	(Khajehei, <i>et al.</i> , 2018)
<i>Chickpea</i>	<i>Short Chain Fatty Acid</i> (SCFA)	□	(Yan, <i>et al.</i> , 2019)
	Flavonoid (flavonels, flavanols, dan tanin yang terkondensasi)	○	(Sreerama, Sashikala, & Pratape, 2012)
	Isoflavon (biochanin A dan genistein)	□	(Milán-Noris <i>et al.</i> , 2018)
Beras	Lunasin	■	(Ren, Hao, <i>et al.</i> , 2018)

Keterangan :

■ = Metode Folin-ciocalteu

▲ = Metode HPLC-DAD

● = ABTS radical scavenging activity

◆ = Aluminium chlorine colorimetric

○ = Singleton

□ = Animal models (tikus)



Selain studi *in vivo* dan *in vitro* pada tepung pengganti, dilakukan juga uji pada tepung *Prosopis alba*, *Yacon*, *Chickpea*, dan beras untuk melihat senyawa apa saja yang terdapat pada tepung-tepung tersebut yang dapat berguna untuk mencegah atau meredakan inflamasi (anti-inflamasi).

Pada Tabel 4, pada penelitian Cardozo *et al.* (2010), dilakukan uji pada senyawa fenolik dan antioksidan pada *P. alba*. Hasil menunjukkan bahwa *Prosopis alba* menunjukkan total senyawa fenolik yang mirip dengan *soybean* (0,18-0,41 g GAE/100 g DW). Senyawa fenolik pada *Prosopis alba* ini meningkat setelah proses perebusan. Hasil ini menunjukkan bahwa pada proses pemasakan seperti pemanasan dapat menyebabkan proses disosiasi (pemisahan senyawa kompleks menjadi partikel) pada beberapa senyawa fenolik dari struktur seluler seperti polisakarida dan lignin (ikatan fenolik). Beberapa komponen fenolik dapat mencegah daya cerna protein dan ketersediaan dari mineral, tetapi komponen ini juga mempunyai efek protektif seperti antioksidan (Beninger & Hosfield, 2003; Hagerman *et al.*, 1998; Takahata, *et al.*, 2001). Mengonsumsi makanan yang kaya akan antioksidan dapat mencegah radikal bebas yang memiliki peran penting dalam kardiovaskular dan penyakit inflamasi. Antioksidan ini memiliki senyawa yang dapat mengurangi inflamasi serta mempertahankan kekebalan pada penderita dengan menghalangi atau menyingkirkan senyawa-senyawa yang dapat berpengaruh terhadap inflamasi (Geronikaki & Gavalas, 2006). Pada penelitian ini, didapatkan senyawa antioksidan pada *Prosopis alba* walaupun lebih rendah jika dibandingkan dengan sampel lain yang diuji pada penelitian ini (*Prosopis nigra*).

Pada Tabel 4, penelitian Florencia Cattaneo *et al.* (2019), dilakukan uji karakteristik nutrisi dan *phytochemical* pada tepung *Prosopis alba*. Didapatkan bahwa pada tepung *P. alba* mengandung apigenin C-glikosida seperti isovitexin (0,89 mg/g tepung). Isovitexin sendiri merupakan senyawa yang berperan sebagai antioksidan dan anti-inflamasi (Lin, Chen, Lee, & Lin, 2002; Lin *et al.*, 2005).

Pada Tabel 4, penelitian Pérez *et al.* (2014), dilakukan analisis dan identifikasi dari senyawa fenolik yang bebas. Setelah dilakukan identifikasi dan analisis lebih lanjut, didapatkan senyawa utama yang ada pada tepung ini adalah C-glikosil flavonoid dan O-flavonol glikosida. Sebanyak 8 O- dan C-flavonoid glikosida telah diidentifikasi terdapat dalam *Prosopis alba*. Senyawa umum yang terdapat pada sampel antara lain quercetin

glikosida 10, 12, dan 21 lalu kaempferol heksosida 22 dan C-glikosida isovitexin 20. Flavonoid C-glikosida dan O-glikosida sendiri sudah terbukti memiliki kandungan antioksidan, anti-inflamasi serta dapat mencegah penggumpalan darah (antiplatelet) (Veloza *et al.*, 2009).

Pada Tabel 4, penelitian F. Cattaneo *et al.* (2016), dilakukan identifikasi fenolik menggunakan metode HPLC-ESI-MS/MS. Setelah dilakukan identifikasi, didapatkan bahwa senyawa utama yang terdapat pada tepung *P. alba* adalah flavonoid C-glikosida.

Pada Tabel 4, penelitian Honoré *et al.* (2018), dilakukan penelitian untuk melihat komposisi karbohidrat dan senyawa fenolik yang ada pada tepung Yacon. Hasil yang didapatkan bahwa yacon mengurangi tingkat sitokin proinflamasi TNF- $\alpha$  dan kadar IL-1 $\beta$  pada hewan yang diberi makan *High Fat Diet*. Telah diketahui sendiri bahwa kandungan Fruktooligosakarida (FOS) dan senyawa polifenol dapat berdampak pada fungsi usus secara langsung atau tidak langsung dan mengurangi pertumbuhan bakteri patogen (Williamson & Clifford, 2017).

Penelitian Khajehei *et al.* (2018), melakukan uji total senyawa fenolik dan total senyawa flavonoid. Data didapatkan bahwa total dari senyawa fenolik sangat memberikan efek yang signifikan (Tabel 4). Senyawa fenolik yang paling dominan adalah asam klorogenat sedangkan asam ferulic, kumarat, kafeat dan turunannya diidentifikasi terdapat dalam ekstrak yacon. Adapun senyawa fenolik sendiri menunjukkan sifat antimikroba dan antioksidan (Choque, *et al.*, 2013; Vliet *et al.*, 2015; Wolfe, Wu, & Liu, 2003). Sedangkan untuk total flavonoid yang ada pada yacon juga sama seperti senyawa fenolik, memberikan efek yang signifikan. Flavonoid sendiri merupakan senyawa polifenol yang memberikan atribut sensori tetapi juga memiliki manfaat lain seperti antioksidan, antidiabetes dan antikanker (Yao *et al.*, 2004). Flavonoid merupakan senyawa natural yang mengandung antioksidan, yang mana dapat meningkatkan kondisi kesehatan konsumen terutama untuk mereka yang memiliki penyakit yang berhubungan dengan *oxidative stress*. (Boots, Haenen, & Bast, 2008)

Penelitian Yan *et al.* (2019), yang menyebut bahwa produksi *Short Chain Fatty Acid* (SCFA) dari fermentasi fruktooligosakarida (FOS) dapat mengurangi pH usus besar, meningkatkan respon imun lokal dan menekan peradangan serta berkembangnya kanker kolorektal dalam jangka yang panjang (Tabel 4). SCFA dan FOS juga mendukung bakteri



yang menguntungkan seperti *Lactobacillus sp. d.* Dan *Bifidobacterium sp.* *Lactobacillus sp.* merupakan bakteri yang persentasenya kurang dari 1% dari populasi bakteri yang ada di usus. Sedangkan *Bifidobacterium sp.* terdapat 25%-30% dari total populasi bakteri yang ada dalam usus. Kedua bakteri ini juga memberikan keuntungan pada usus seperti menekan produksi zat pembusuk usus di saluran pencernaan serta dapat meringankan sembelit (Abed-Meraim & Combescure, 2011; Tang *et al.*, 2011; Yan *et al.*, 2019)

Pada Tabel 4 penelitian Sreerama *et al.* (2012), dilakukan ekstraksi dan kuantifikasi total fenolik, flavonoid dan pro-antosianin pada beberapa tepung yang salah satunya adalah tepung *Chickpea*. Dari penelitian tersebut, tepung *Chickpea* mendapatkan hasil dari terendah pada kadar total fenolik dan flavonoid tetapi masih memiliki kandungan ketiga senyawa di dalamnya. Flavonoid sendiri merupakan metabolit sekunder, termasuk flavanol, tanin yang terkondensasi dan flavon. Flavonoid memiliki sifat antiinflamasi, antioksidan, anti-alergi, anti-kanker dan gastroprotektif. Sedangkan untuk pro-antosianin, tepung *Chickpea* memiliki nilai yang lebih tinggi. Pro-antosianin ini diproduksi melalui kondensasi dari senyawa fenolik yang sederhana dan umumnya memiliki bermacam struktur molekul. Pro-antosianin sendiri merupakan senyawa biologis yang aktif dan pada beberapa studi telah menunjukkan jika senyawa ini memiliki anti-inflamasi, anti-virus, anti-bakteri serta sifat antioksidan.

Pada Tabel 4 penelitian (Milán-Noris *et al.*, 2018), didapatkan senyawa fenolik utama yang ditemukan adalah isoflavon dengan glikosida dan biochanin-A sebagai senyawa utama yang ada pada isoflavonoid. Dan ditemukan bahwa pada proses perkecambahan, keragaman dari isoflavonoid ini meningkat dan sebanyak tujuh isoflavonoid dapat diidentifikasi. Ketujuh senyawa itu di antaranya adalah biochanin-A glikosida, biochanin-A malonil glikosida, for-mononeton, biochanin-A, iso-formononetin glikosida, formononetin malonil glikosida, dan pseudobaptigenin).

Pada Tabel 4 penelitian (Ren *et al.*, 2018), dilakukan uji analisis flavon, total polifenol dan asam fenolik. Serta uji kadar lunasin. Hasil didapatkan bahwa flavonoid tidak terdeteksi pada sampel yang disebabkan oleh rendahnya kadar flavonoid di dalam beras. Total polifenol dan asam fenolik dapat dideteksi. Macam asam fenolik yang terdeteksi di antaranya adalah asam isoferulat, asam ferulat dan asam  $\rho$ -kumarat. Kadar lunasin sendiri

dapat terdeteksi. Lunasin sendiri dapat berkontribusi dalam aktivitas anti-inflamasi dan antioksidan.



### 3.2. Karakteristik dari *Cake* Menggunakan Berbagai Jenis Tepung Pengganti

Hasil pengumpulan literatur mengenai karakteristik dari *cake* ditemukan sebanyak 12 publikasi penelitian maupun jurnal. Pemetaan data mengenai karakteristik pada *cake* seperti warna, komposisi proksimat dan tekstur dapat dilihat pada Tabel 3.



Tabel 5. Karakteristik Warna, Komposisi Proksimat, dan Tekstur pada *Cake* dengan Tepung *Prosopis alba*, Yacon, Beras, dan *Chickpea*.

Jenis Tepung Bebas Gluten	Komposisi Bahan	% Tepung Bebas Gluten	Warna <i>Cake</i>			Komposisi Proksimat (%)			Tekstur			Pustaka
			<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	Protei n	Lemak	Abu	<i>Hardnes</i> <sub>s</sub>	<i>Springines</i> <sub>s</sub>	<i>Chewines</i> <sub>s</sub>	
<i>Prosopis alba</i>	25 g campuran tepung <i>P. alba</i> , 35 g susu skim, 6 g telur segar, 6 g margarin sayur, 1 g bubuk <i>yeast</i> , 0,2 g sodium hidrogen bikarbonat, 0,2 g garam, 0,4 g <i>hydropropylmethylcellulose</i> , 0,2 g <i>sodium stearoil lactilate</i> .	100%	44,7 5 ± 1,54	-	11, 31	14,4 ± 0,20	13,0 ± 3,0	3,4 ± 0,5	NA	NA	2,93 ± 1,55	(L. P. Sciammaro <i>et al.</i> , 2018)
Yacon	75 g campuran tepung yacon dengan pati jagung, 37,5 g telur, 37,5 g gula halus, 2 g <i>baking powder</i> , 18,75 g susu.	100%	84,9	-0,8	21, 2	NA	NA	NA	NA	NA	32,8	(Lancetti <i>et al.</i> , 2020)
Beras	100 g tepung beras, 17,3 protein, 75 g gula, 46 g minyak bunga matahari, 4 g sodium bikarbonat, 3 g asam sitrat, 1,5 g	100%	78,1 3 ± 0,59	0,38 ± 0,10	15, 9 ± 0,4	NA	NA	NA	104 ± 11	0,564 ± 0,042	24 ± 2	(Matos <i>et al.</i> , 2014)



susu segar, 630 g  
sukrosa, 350 g telur  
pasteurisasi, 210 g  
minyak bunga  
matahari, dan 21 g  
baking powder.

100 g tepung

*Chickpea*, 70 g putih

telur, 30 g telur utuh,

50 g susu, 75 g

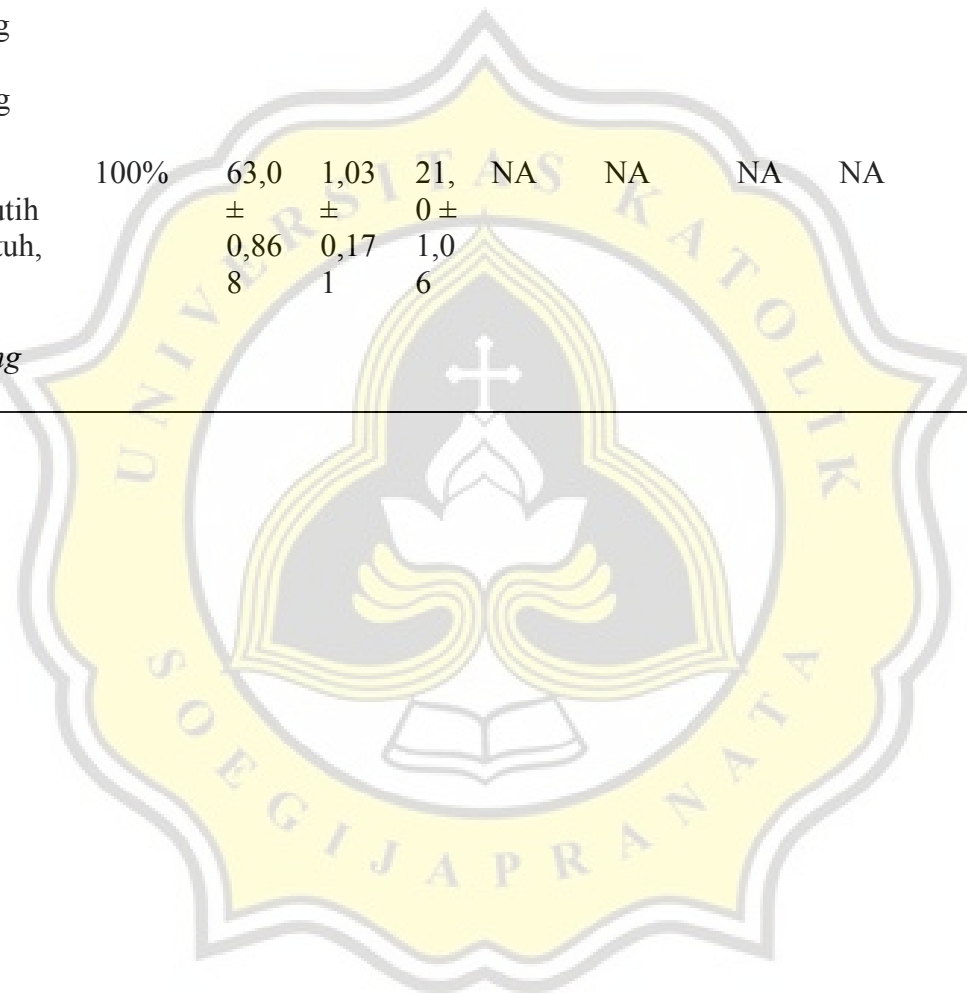
minyak, 100 g

sukrosa, 8 g *baking*

*powder*.

100%	63,0	1,03	21,	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	±	±	0 ±						
	0,86	0,17	1,0						
	8	1	6						

(Alvarez,  
Herranz,  
Jiménez,  
& Canet,  
2017)





Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui karakteristik warna, komposisi proksimat dan tekstur dari tepung *Prosopis alba*, yacon, beras, dan *Chickpea*. Untuk warna, nilai  $L^*$  paling tinggi didapatkan oleh *cake* dari jenis tepung beras dengan nilai sebesar 94,34. Sedangkan nilai  $L^*$  paling rendah didapatkan oleh *cake* dari jenis tepung *Prosopis alba* dengan nilai sebesar 44,75. Sedangkan nilai komposisi proksimat, untuk kadar protein, lemak, dan abu nilai tertinggi didapatkan oleh *cake* dengan jenis tepung beras dan nilai terendah didapatkan oleh *cake* dengan jenis tepung beras dengan komposisi yang berbeda. Untuk tekstur, nilai tertinggi didapatkan oleh tepung beras sedangkan nilai terendah didapatkan oleh tepung beras dengan komposisi yang berbeda. Adapun sebagai pembanding,

### 3.2.1. Warna *Cake*

#### a. Nilai *Lightness* ( $L^*$ )

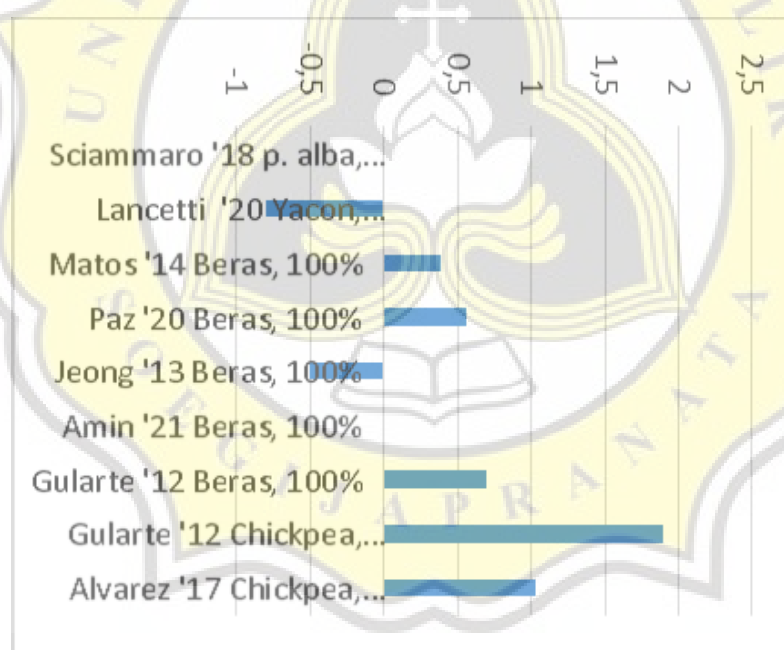


Gambar 5. Perbandingan Nilai *Lightness* ( $L^*$ ) dari *Cake* dengan menggunakan tepung *Prosopis alba*, Yacon, Beras, dan *Chickpea* menggunakan spektrofotometer, contrastmeter, chromameter dan colorimeter. (Alvarez, *et al.*, 2017; Gularte, Gómez, & Rosell, 2012; Jeong, Kang, & Shin, 2013; Lancetti, *et al.*, 2020; Matos, Sanz, & Rosell, 2014; Paz, *et al.*, 2020; Sciammaro, Ferrero, & Puppo, 2018)

Berdasarkan Gambar 5., dapat diketahui nilai *lightness* dari masing-masing *cake*. Nilai  $L^*$  tertinggi (paling cerah) terdapat pada *cake* menggunakan jenis tepung beras (Jeong *et al.*, 2013), sedangkan nilai  $L^*$  terendah (paling gelap) diapatkan pada *cake* dengan jenis tepung *Prosopis alba* (L. Sciammaro, *et al.* , 2016), sehingga dapat

disimpulkan bahwa *cake* dengan menggunakan tepung beras memiliki warna yang paling cerah sedangkan *cake* dengan tepung jenis *Prosopis alba* memiliki warna yang gelap. Hal ini dapat disebabkan karena adanya reaksi *Maillard* yang terjadi ketika proses pemanggangan berlangsung dimana reaksi ini dihasilkan antara reduksi gula dan asam amino karena tingginya suhu dan dehidrasi. Pada tepung *Prosopis alba* sendiri juga terdapat gula pereduksi seperti fruktosa dan glukosa dan memiliki kadar sukrosa yang tinggi yang dapat menyebabkan hidrolisis parsial dan membentuk reaksi *browning* (L. Sciammaro, Ferrero, & Puppo, 2016; L. P. Sciammaro *et al.*, 2018). Pada tepung beras sendiri warna yang dihasilkan berbeda-beda karena terdapat perbedaan metode dimana alat yang digunakan untuk mengukur warna berbeda.

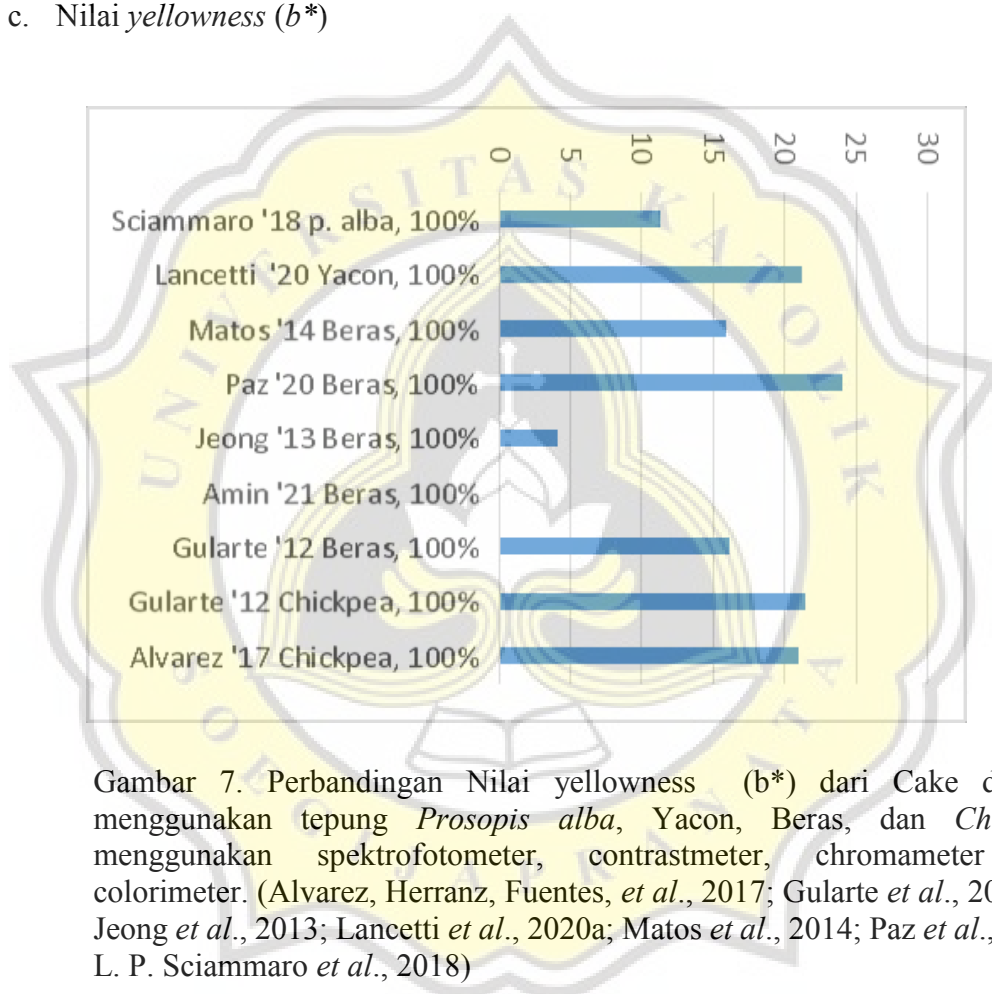
b. Nilai *redness* ( $a^*$ )



Gambar 6. Perbandingan Nilai *redness* ( $a^*$ ) dari Cake dengan menggunakan tepung *Prosopis alba*, Yacon, Beras, dan *Chickpea* menggunakan spektrofotometer, contrastmeter, chromameter dan colorimeter. (Alvarez, Herranz, Fuentes, *et al.*, 2017; Gularte *et al.*, 2012; S. Jeong *et al.*, 2013; Lancetti *et al.*, 2020a; Matos *et al.*, 2014; Paz *et al.*, 2020)

Berdasarkan Gambar 6., dapat diketahui nilai *redness* ( $a^*$ ) (paling cerah) dari masing-masing *cake*. Nilai tertinggi didapatkan oleh tepung *Chickpea* (Gularte *et al.*, 2012), sedangkan terdapat nilai (-) yang didapatkan oleh penelitian dengan menggunakan tepung Yacon (Lancetti *et al.*, 2020). Hal ini disebabkan karena semakin banyak tepung yacon yang digunakan, maka warna yang dihasilkan akan semakin gelap (Lancetti *et al.*, 2020).

c. Nilai *yellowness* ( $b^*$ )



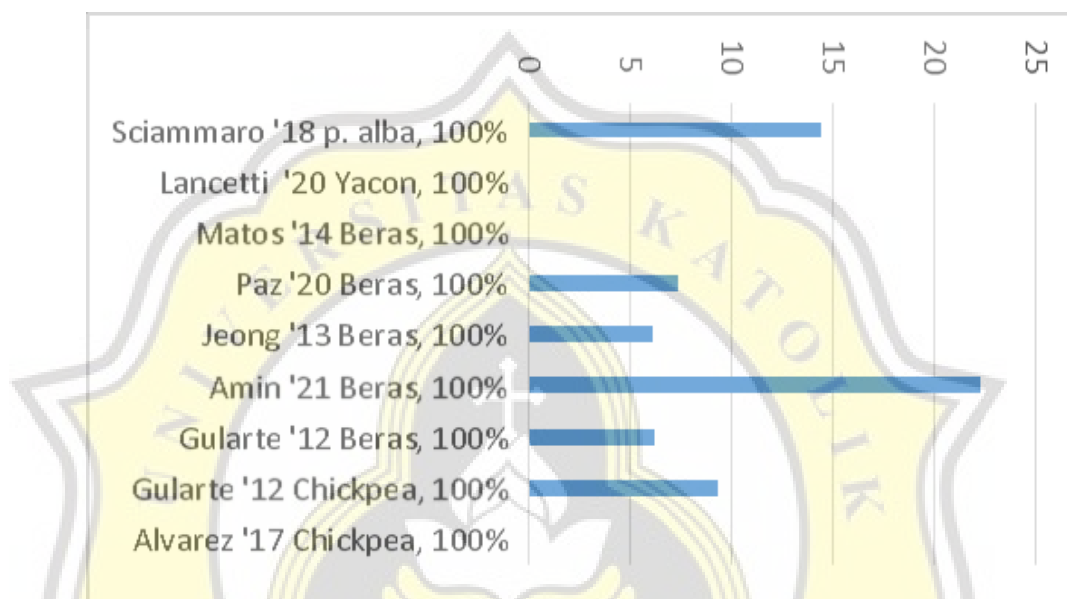
Gambar 7. Perbandingan Nilai *yellowness* ( $b^*$ ) dari *Cake* dengan menggunakan tepung *Prosopis alba*, Yacon, Beras, dan *Chickpea* menggunakan spektrofotometer, contrastmeter, chromameter dan colorimeter. (Alvarez, Herranz, Fuentes, *et al.*, 2017; Gularte *et al.*, 2012; S. Jeong *et al.*, 2013; Lancetti *et al.*, 2020a; Matos *et al.*, 2014; Paz *et al.*, 2020; L. P. Sciammaro *et al.*, 2018)

Berdasarkan Gambar 7., dapat diketahui nilai *yellowness* ( $b^*$ ) pada masing-masing *cake*. Nilai tertinggi (paling cerah) didapatkan oleh tepung beras (Paz *et al.*, 2020) dan nilai terendahnya (paling rendah) juga didapatkan oleh tepung beras pada penelitian Jeong *et al.* (2013). Hal ini dapat disebabkan karena persentase tepung yang digunakan untuk masing-masing penelitian berbeda. Hal ini dapat disebabkan

juga karena alat yang digunakan untuk mengukur warna dari masing-masing cake berbeda.

### 3.2.2. Komposisi Proksimat

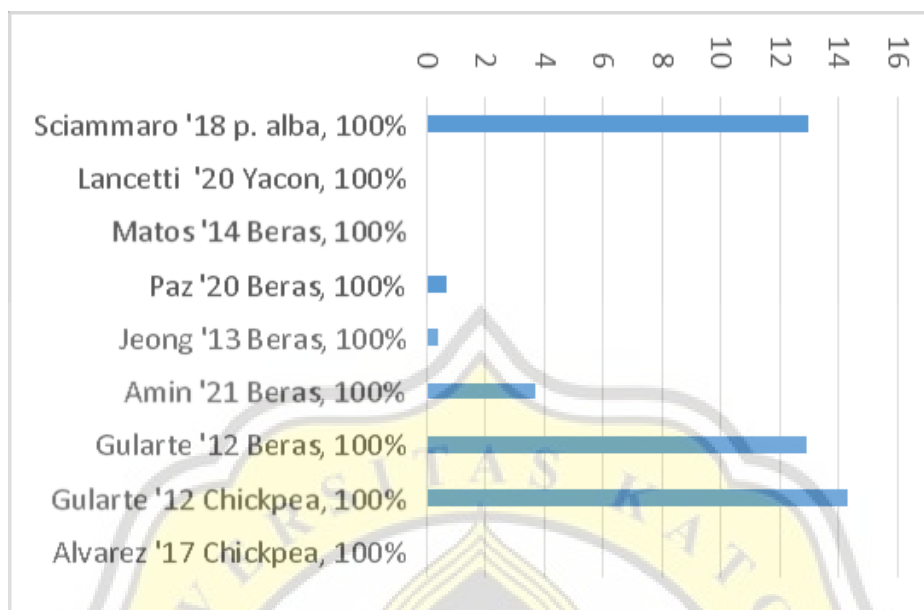
#### a. Kadar Protein



Gambar 8. Perbandingan Kadar Protein dari Cake dengan menggunakan tepung *Prosopis alba*, Yacon, Beras, dan *Chickpea* menggunakan metode AOAC, AACC, dan Dumas. (Amin *et al.*, 2021; Gularte *et al.*, 2012; S. Jeong *et al.*, 2013; Paz *et al.*, 2020; L. P. Sciammaro *et al.*, 2018)

Berdasarkan Gambar 8., dapat diketahui kadar protein dari masing-masing *cake*. Kadar protein tertinggi didapatkan oleh *cake* menggunakan tepung beras (Amin *et al.*, 2021), sedangkan kadar protein terendah didapatkan oleh tepung beras yang didapat dari penelitian Jeong *et al.*, (2013). Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan persentase penggunaan tepung beras pada masing-masing penelitian. Tepung beras sendiri memiliki kadar protein sebesar 3,57 gram per 100 gram (USDA, 2019).

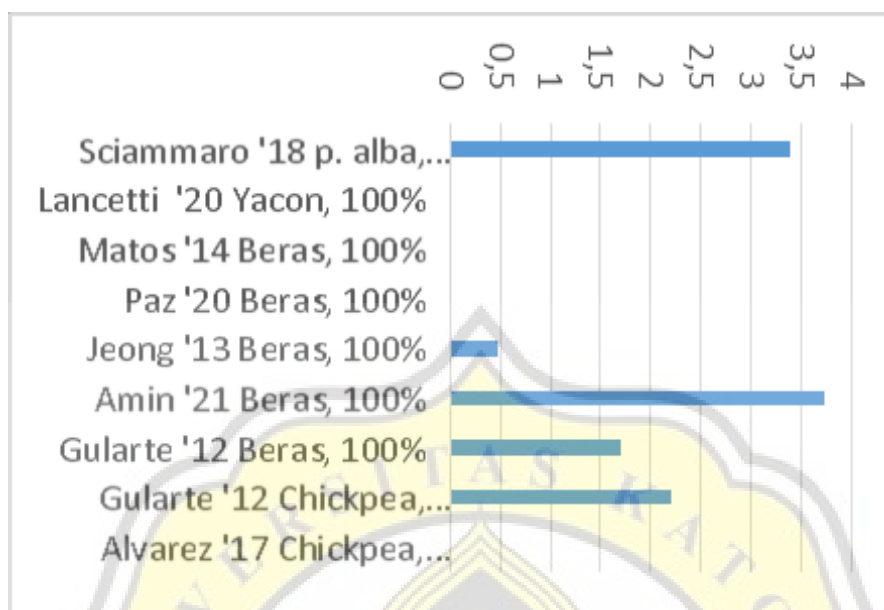
## b. Kadar Lipid



Gambar 9. Perbandingan Kadar Lipid dari Cake dengan menggunakan tepung *Prosopis alba*, Yacon, Beras, dan *Chickpea* menggunakan metode AOAC, AACC, dan Dumas. (Amin *et al.*, 2021; Gularte *et al.*, 2012; S. Jeong *et al.*, 2013; Paz *et al.*, 2020; L. P. Sciammaro *et al.*, 2018)

Berdasarkan Gambar 9., dapat diketahui kadar lipid dari masing-masing *cake*. Kadar lipid tertinggi didapatkan oleh *cake* menggunakan tepung *Chickpea* (Gularte *et al.*, 2012) sedangkan kadar lipid paling rendah didapatkan oleh *cake* dengan tepung beras (Jeong *et al.*, 2013). Kadar lipid yang rendah pada *cake* dengan menggunakan tepung beras dapat disebabkan tekanan dan suhu yang tinggi selama ekstrusi sehingga menyebabkan kadar lipid yang ada mengalami penurunan (Sompong, *et al.*, 2011).

## c. Kadar Abu



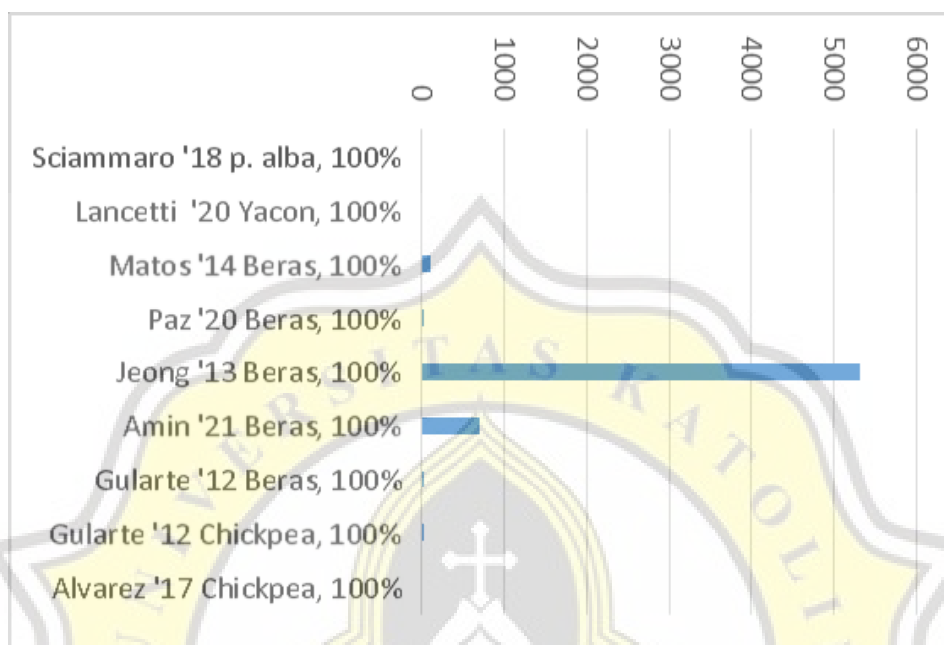
Gambar 10. Perbandingan Kadar Abu dari Cake dengan menggunakan tepung *Prosopis alba*, Yacon, Beras, dan *Chickpea* menggunakan metode AOAC, AACC, dan Dumas. (Amin *et al.*, 2021; Gularte *et al.*, 2012; S. Jeong *et al.*, 2013; L. P. Sciammaro *et al.*, 2018)

Berdasarkan Gambar 10., dapat diketahui kadar abu dari masing-masing *cake*. Kadar abu tertinggi didapatkan oleh *cake* menggunakan tepung beras (Amin *et al.*, 2021), sedangkan kadar protein terendah didapatkan oleh tepung beras yang didapat dari penelitian Jeong *et al.*, (2013). Kadar abu yang didapatkan berbeda walaupun tepung yang digunakan sama. Hal ini dapat disebabkan oleh penggunaan metode yang digunakan berbeda. Pada penelitian (S. Jeong *et al.*, 2013) menggunakan metode AACC sedangkan pada penelitian (Amin *et al.*, 2021) menggunakan metode AOAC.



### 3.2.3. Tekstur *Cake*

#### a. *Hardness*

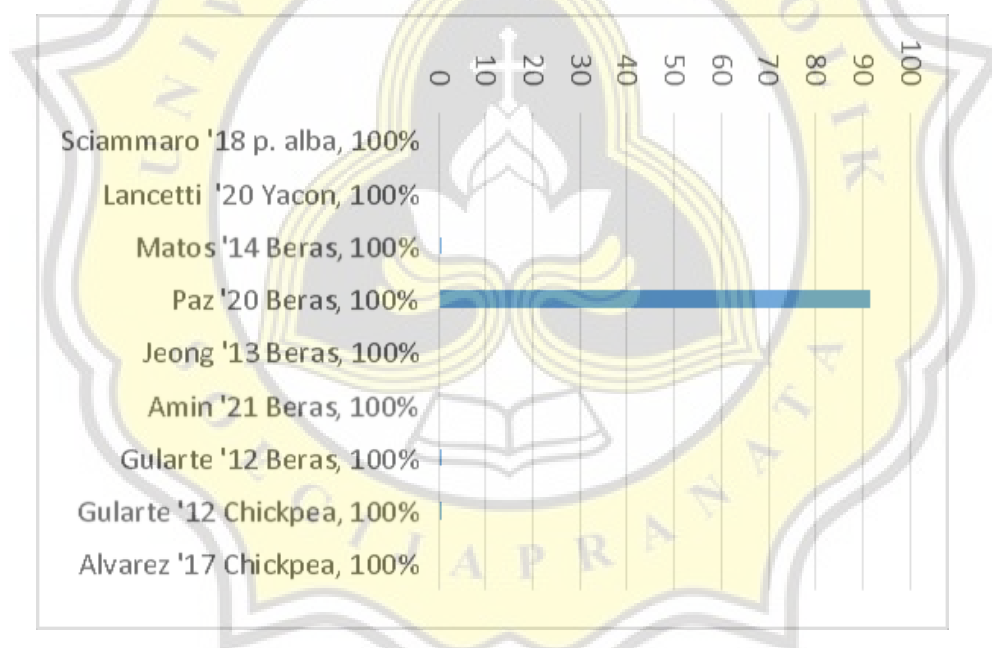


Gambar 11. Perbandingan *Hardness* dari *Cake* dengan menggunakan tepung *Prosopis alba*, Yacon, Beras, dan *Chickpea* menggunakan texturometer, testing machine dan texture analysis. (Amin *et al.*, 2021; Gularte *et al.*, 2012; S. Jeong *et al.*, 2013; Matos *et al.*, 2014; Paz *et al.*, 2020)

Pada *cake* dengan menggunakan tepung terigu sendiri harusnya memiliki volume *cake* yang tinggi yang ada kaitannya dengan gandum dengan tekstur yang halus (*soft wheat*) dengan kandungan protein yang rendah yang menghasilkan rendemen tepung terigu yang tinggi dan memiliki ukuran partikel tepung yang tinggi (Moiraghi, *et al.*, 2013). Odri, *et al.*, (2007) menyatakan bahwa tekstur *cake* juga dapat dilihat dari pori-pori yang didapatkan. Dimana semakin banyak pori-pori yang dihasilkan maka tekstur yang didapat akan semakin lembut. Berdasarkan Gambar 11., dapat diketahui *hardness* dari masing-masing *cake*. Nilai *hardness* tertinggi didapatkan *cake* dengan menggunakan tepung beras (Jeong *et al.*, 2013), sedangkan nilai *hardness* paling rendah didapat *cake* dengan menggunakan tepung beras dari penelitian Gularte *et al.*, (2012). Hal ini dapat disebabkan karena komposisi, waktu dan kecepatan pengadukan

yang berbeda, serta alat pengaduk yang digunakan juga berbeda. Pada *cake* dengan tepung beras penelitian Jeong *et al.*, (2013) menggunakan pengaduk 800-J; Spar Food Machinery MFG, Ltd. Lama waktu yang digunakan untuk mengaduk adonan *cake* yaitu selama 3 menit sampai adonan menjadi lembut lalu dipanggang selama 15 menit dengan suhu atas 200°C dan suhu bawah 150°C lalu dipanggang lagi selama 30 menit dengan suhu 150/180°C ketika permukaan *cake* sudah berubah menjadi kuning. Sedangkan pada *cake* dengan tepung beras pada penelitian Gularte *et al.*, (2012) menggunakan pengaduk KPM5 (*Kitchen-Aid Professional mixer*) dengan waktu total 10 menit (1 menit dengan kecepatan pada angka 4 dan 9 menit dengan kecepatan dengan angka 6) dan dipanggang di oven elektrik selama 30 menit pada suhu 190°C

b. *Springiness*

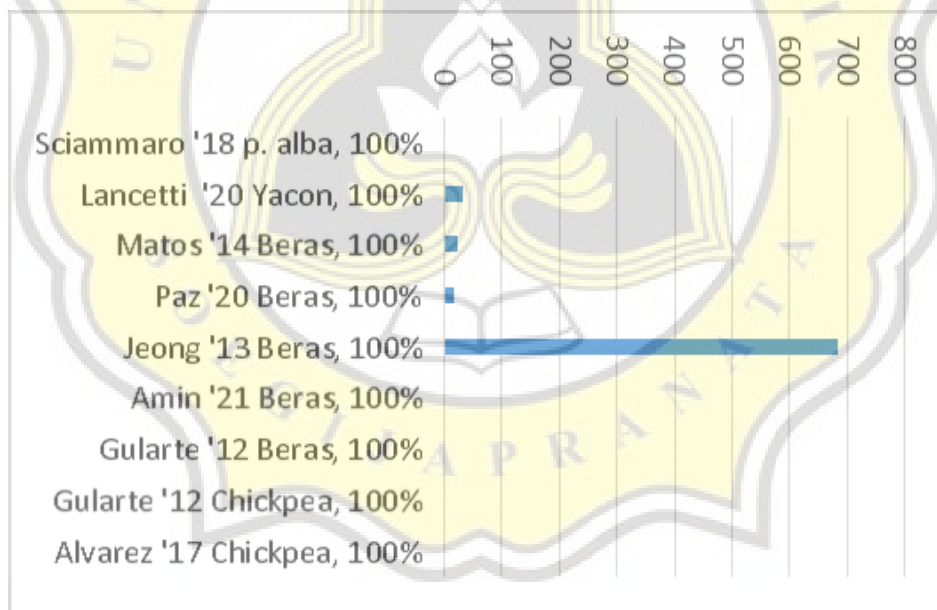


Gambar 12. Perbandingan Springiness dari Cake dengan menggunakan tepung *Prosopis alba*, Yacon, Beras, dan *Chickpea* menggunakan teksturometer, testing machine dan texture analysis. (Gularte *et al.*, 2012; Matos *et al.*, 2014; Paz *et al.*, 2020)

*Springiness* merupakan kemampuan pada produk pangan (*cake*) untuk kembali seperti semula setelah diberikan tekanan. Berdasarkan Gambar 12., dapat diketahui nilai *Springiness* dari masing-masing *cake*. Nilai *Springiness* tertinggi didapatkan oleh *cake*

menggunakan tepung beras (Paz *et al.*, 2020), sedangkan nilai terendah didapatkan oleh *cake* dengan menggunakan tepung beras dengan tepung beras dari penelitian Amin *et al.* (2021). Hal ini dapat terjadi karena komposisi pada bahan terutama pada kuning telur lebih sedikit. Nilai *springiness* dapat menurun ketika kuning telur yang digunakan pada saat proses pembuatan dikurangi. Pengurangan kuning telur ini dapat menyebabkan sistem emulsi tidak stabil dan mengakibatkan udara yang terperangkap mudah terlepas dan *foam* yang dibentuk tidak stabil sehingga menurunkan kemampuan udara untuk mendorong matriks gel pada saat proses pemanggangan (Arnold, *et al.*, 2016). Namun pada penelitian Amin *et al.* (2021), komposisi telur yang digunakan lebih banyak, tetapi nilai *springiness*nya lebih rendah. Hal ini dapat disebabkan karena perbandingan dari tepung dan telur yang digunakan.

c. *Chewiness*



Gambar 13. Perbandingan Hardness dari Cake dengan menggunakan tepung *Prosopis alba*, Yacon, Beras, dan *Chickpea* menggunakan texturometer, testing machine dan texture analysis. (S. Jeong *et al.*, 2013; Lancetti *et al.*, 2020a; Matos *et al.*, 2014; Paz *et al.*, 2020)

Nilai *chewiness* merupakan nilai untuk menunjukkan seberapa besarnya energi yang dibutuhkan untuk mengunyah produk makanan yang padat atau usaha yang digunakan untuk merubah bentuk objek, semakin sulit untuk dikunyah produk tersebut maka semakin tinggi nilai *chewiness*nya (Arnold *et al.*, 2016). Berdasarkan Gambar 13., dapat diketahui nilai *Chewiness* dari masing-masing *cake*. Nilai *Chewiness* tertinggi didapatkan oleh *cake* menggunakan tepung beras (Jeong *et al.*, 2013), tetapi nilai terendah juga didapatkan oleh *cake* dengan menggunakan tepung beras dari penelitian Gularte *et al.*,(2012).

