

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Parameter Kemampuan Emulsifikasi Sebagai *Replacer* dan Substitusi *Emulsifier*

3.1.1. Komposisi Nutrisi dan Kaitannya dengan Sifat Fisikokimia Emulsi

Nutrisi merupakan salah satu komponen kimia penting penunjang kelangsungan tumbuh kembang makhluk hidup. Sehari – hari manusia mencukupi kebutuhan nutrisi dari makanan dan minuman yang dikonsumsi. Selain dibutuhkan sebagai penunjang kelangsungan tumbuh kembang, nutrisi juga berperan dalam memberikan efek tertentu pada pengolahan makanan salah satunya dalam sistem emulsifikasi. *Cake* masuk dalam jenis emulsi *oil in water* yang kompleks dengan campuran komposisi telur-sukrosa-air-lemak sebagai fase kontinyu dan gelembung udara sebagai fase diskontinyu dimana partikel tepung terdispersi (Martínez-Cervera *et al.*, 2012). Fase terdispersi adalah zat yang membentuk tetesan atau droplet dalam emulsi sedangkan zat yang membentuk cairan di sekitarnya disebut fase kontinyu (McClements, 2016).

Dalam setiap bahan penyusun *cake* mengandung makro dan mikromolekul kimia / nutrisi yang juga membantu dalam pembentukan emulsi atau adonan *cake*. Dalam resep tertua *cake*, salah satu bahan penyusun yang digunakan selain tepung, mentega, dan gula adalah telur. Telur sendiri merupakan bahan penyusun yang tinggi protein. Di dalam 100 gram telur segar terdapat 12,56 g protein; 9,51 g lemak; 1,68 g mineral; dan 55,02 g air (USDA, 2018). Pada umumnya, aktivitas emulsi dari protein ditentukan dari proses difusi dan adsorpsi yang terjadi pada lapisan *oil/water interface* (Amine *et al.*, 2014). Salah satu makromolekul yang berperan penting adalah protein dalam pembentukan dan stabilisasi emulsi dalam makanan dimana protein yang diserap akan menstabilkan sistem emulsi melalui stabilisasi elektrostatis dan sterik (Nilsson *et al.*, 2007). Stabilisasi sterik ditentukan oleh kelarutan protein dalam fase air, yang selanjutnya tergantung pada muatan protein. Dalam rangka untuk mengamankan adsorpsi dan menjadi agen pengemulsi yang efisien, protein juga harus memiliki kemampuan membuka dan menyebar pada permukaan *interface* (Nilsson *et al.*, 2007).

Aktivitas permukaan protein bergantung terutama pada fisik, kimiawi, dan karakteristik protein, dimana hal tersebut dipengaruhi oleh faktor eksternal yaitu suhu, kekuatan ionik, dan pH (López *et al.*, 2019). Pada penelitian yang dilakukan Nilsson *et al.* (2007) disebutkan bahwa pada emulsi *oil in water*, adsorpsi terjadi terutama disebabkan adanya interaksi hidrofobik antara protein dan *interface* globular dalam sistem, sehingga hidrofobitas permukaan protein yang tinggi menjadi faktor penting dan dapat menimbulkan adsorpsi kompetitif yang berbeda – beda pada tiap jenis protein. Meskipun sebagian besar protein, khususnya dalam telur, mengandung campuran residu asam amino hidrofobik dan hidrofilik yang cukup untuk secara aktif pada *interface* dan dengan demikian menyerap pada *interface*, kinetika dan kekuatan penyerapan bisa bervariasi yang dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor lainnya seperti kelarutan protein, waktu yang digunakan saat homogenisasi, kandungan nutrisi lainnya, keasaman, dan suhu.

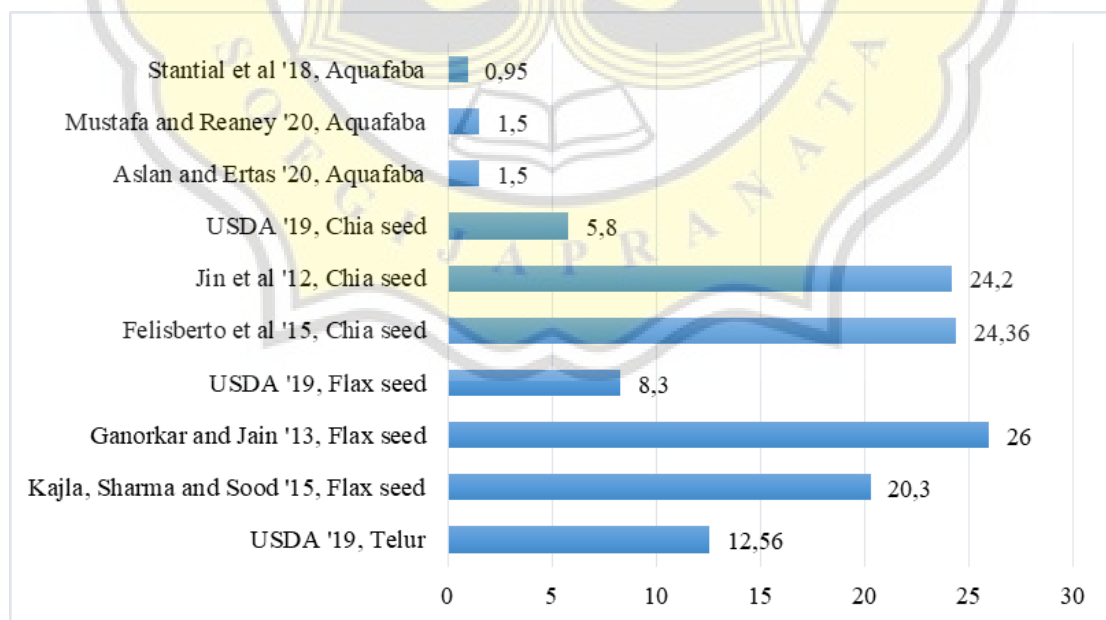
Tabel 6. Komposisi Nutrisi *Flaxseed*, *Chia seed*, dan *Aquafaba*

Jenis Emulsifier	Protein (g/100g)	Karbohidrat (g/100g)	Lemak (g/100g)	Mineral (g/100g)	Total Serat Pangan (g/100g)	Air (g/100g)	Referensi
Telur	12,56	0,72	9,51	1,68	0	55,02	(USDA, 2019)
<i>Flaxseed</i>	20,3	28,9	37,1	2,4	24,5	6,5	(Kajla, Sharma and Sood, 2015)
	26,0	38,0	53,0	-	36,0	7,7	(Ganorkar and Jain, 2013),
	18,3	28,9	42,2	3,72	27,3	6,96	(USDA, 2019)
<i>Chia seed</i>	24,36	16,5	34,09	3,70	14,78	6,52	(Felisberto <i>et al.</i> , 2015)
	24,2	26,9	40,2	4,77	30,2	4,43	(Jin <i>et al.</i> , 2012)
	5,8	42,1	30,7	4,8	34,4	5,8	(USDA, 2019)
<i>Aquafaba</i>	1,5	-	-	0,5	-	94	(Aslan and Eertaş, 2020)
	1,5	-	-	0,6	-	95	(Mustafa and Reaney, 2020)
	0,95	-	-	0,57	2,37	-	(Stantiall <i>et al.</i> , 2018)

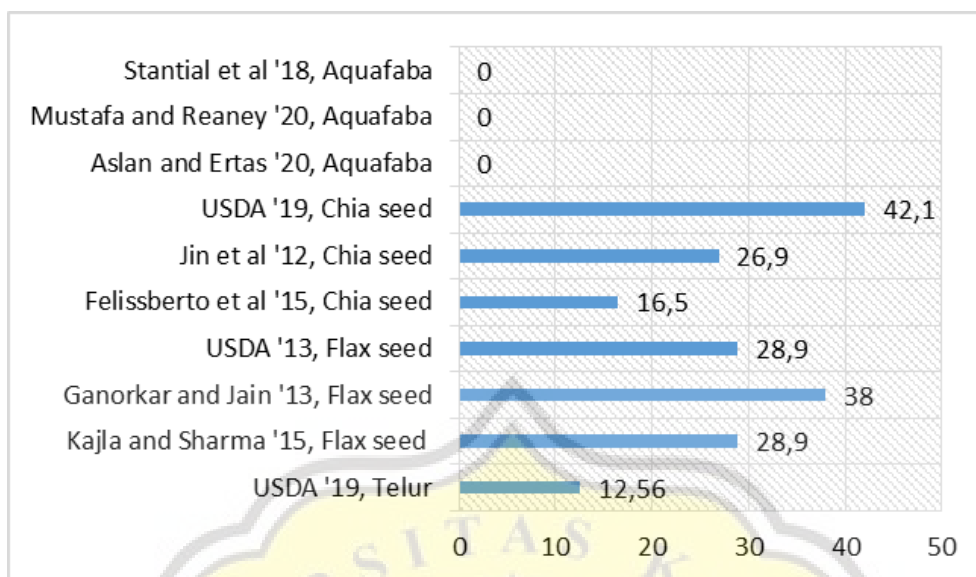
Bila dilihat dari data dalam Tabel 3., kandungan protein dalam 100 gram telur menurut USDA (2018) adalah 12,56g/100g dimana angka tersebut jauh lebih kecil dibandingkan

protein dalam 2 bahan *emulsifier* lainnya yakni *flaxseed* dan *chia seed*, dengan kandungan rata – rata protein terbesar ada pada *flaxseed*. Telur mengandung paling sedikit karbohidrat hingga *aquafaba* yang sama sekali tidak terdeteksi kandungan karbohidratnya. *Flaxseed* dan *chia seed* sama – sama mengandung jumlah karbohidrat yang lebih tinggi dari 2 bahan lainnya. Selain mengandung karbohidrat terkecil, telur sama sekali tidak terdeteksi kandungan serat pangan. Kandungan air *aquafaba* tertinggi dari ketiga bahan lainnya.

Tipe utama protein yang ada dalam *flaxseed* adalah albumin dan globulin dimana albumin *flaxseed* sebesar 26,6% dan 73,4% untuk globulin *flaxseed* dari total keseluruhan protein (Ganorkar and Jain, 2013). Protein dalam *flaxseed* tinggi akan *arginine*, asam aspartat, asam glutamat dan leucine sehingga sangat cocok untuk dijadikan sumber protein nabati bagi mereka penyintas alergi protein hewani tertentu (Nikbakht Nasrabadi *et al.*, 2019). Dalam studi sebelumnya protein pada *flaxseed* efektif dalam menurunkan plasma kolesterol dan trigliserida (TAG) bila dibandingkan dengan protein dari kedelai dan kasein (Bhathena *et al.*, 2002). Selain kandungan protein yang cukup tinggi dan manfaat kesehatan yang bisa didapatkan, *flaxseed* juga memiliki kemampuan untuk menyerap air dan minyak dengan jumlah yang cukup besar (Kuhn *et al.*, 2014).



Gambar 6. Perbandingan kandungan protein dalam telur, *flaxseed*, chia seed, dan *aquafaba*



Gambar 7. Perbandingan kandungan karbohidrat dalam telur, *flaxseed*, *chia seed*, dan *aquafaba*

Flaxseed yang dimanfaatkan menjadi bahan pengganti telur atau *emulsifier* merupakan bagian mucilagenya. *Mucilage* terbentuk secara alami saat *flaxseed* dicampur dengan air sehingga terbentuk suatu lapisan luar *flaxseed*, *mucilage* inilah yang digunakan sebagai pengganti telur dalam pembuatan *cake*, *muffin*, dan *cookies* vegan (Kajla, Sharma and Sood, 2015). Dalam *flaxseed* *mucilage* atau *flaxseed* gum terdapat sejumlah banyak gum polisakarida yang larut dan menyelimuti bagian luar dari *flaxseed* saat dihidrasi dengan air (kurang lebih 8% dari berat *flaxseed*) yang terdiri dari 50 – 80% polisakarida netral dan asam dan 4 – 20% protein (Hu, Shim and Reaney, 2020). Polisakarida merupakan karbohidrat yang berperan untuk menstabilkan emulsi karena mengandung grup polar dan non polar pada molekul yang sama. Pada beberapa polisakarida terdapat grup protein (glikoprotein) atau lemak (glikolipid) yang terikat secara kovalen yang membuatnya bersifat hidrofobik. Sehingga polisakarida merupakan molekul amfifilik yang bisa menyerap tegangan antar muka pada minyak-air yang menstabilkan emulsi (McClements, Bai and Chung, 2017). Dengan kemampuan penyerapan air yang tinggi maka *flaxseed* gum masuk dalam hidrokoloid polisakarida yang banyak dimanfaatkan dalam makanan karena memberikan sifat yang berguna.

Dalam studi sebelumnya dikatakan, hidrokoloid dari *flaxseed* gum memiliki kapasitas busa (*foam capacity*) dan stabilitas busa yang lebih unggul bila dibandingkan dengan gum arab, guar gum, dan xanthan gum (Chen, Xu and Wang, 2006). Pada Gambar 5 bisa dilihat perbandingan kandungan protein dan *flaxseed* merupakan bahan dengan kandungan protein tertinggi, lebih tinggi dibandingkan dengan telur. Karena *flaxseed* mengandung tinggi protein sekaligus berperan sebagai hidrokoloid, maka *flaxseed* merupakan bahan yang multifungsi. Kandungan protein inilah yang berperan spesifik sebagai emulsifier dan hidrokoloid sebagai agen penstabil (*stabilizer*) (Norn, 2015). Kapasitas emulsifikasinya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu emulsifikasi, waktu, dan kualitas dari gum yang dihasilkan (Hu, Shim and Reaney, 2020). Dikatakan pada penelitian Hu dan teman – temannya (2020), penggunaan suhu yang lebih tinggi akan menghasilkan *gum yield* yang lebih banyak. Selain suhu, pH juga berperan penting pada sifat fisikokimia seperti viskositas dan *flow*. Dalam penelitian sebelumnya, pada kondisi asam, kekuatan gel dari *flaxseed gum* akan berkurang seiring dengan nilai pH; pada kondisi basa, kekuatan gel *flaxseed gum* berkurang seiring dengan kenaikan nilai pH. *Flaxseed mucilage* memiliki pH optimum pada 6 – 8, sehingga penting untuk mengontrol nilai pH saat memanfaatkannya sebagai *emulsifier* agar bisa mendapatkan hasil maksimal (Hu, Shim and Reaney, 2020). Selain nilai pH, suhu saat mengekstraksi mucilage *flaxseed* juga berpengaruh terhadap kestabilan emulsi (Hu, Shim and Reaney, 2020).

Chia seed menempati peringkat kedua dalam hal kandungan protein setelah *flaxseed* yang dapat dilihat pada Tabel 3. Jenis protein yang melimpah adalah jenis globulin (64,86%), diikuti dengan gluten (20,21%), albumin (10,89%), dan prolamin (4,04%) (Julio *et al.*, 2019). Bila dilihat dari tingginya kandungan protein dalam *chia seed* membuatnya ideal sebagai emulsifier. Sama halnya dengan *flaxseed*, *chia seed* memiliki water holding capacity yang cukup tinggi, dimana *chia seed* akan menghasilkan mucilage segera setelah kontak dengan air. *Chia seed* mengandung 5 – 6% mucilage yang bermanfaat sebagai serat pangan larut, meningkatkan viskositas sebuah adonan, dan juga membantu memperlambat proses pengosongan perut sehingga perasaan kenyang bisa bertahan lebih lama (Capitani, Nolasco and Tomás, 2016). Sama halnya pada *flaxseed*, sifat emulsifikasi *chia seed* didapatkan dari *mucilage* atau *gel* karena terdapat sejumlah bahan berprotein sebagai bagian integral dari polisakarida yang dapat teradsorpsi pada antarmuka minyak

– air (*oil-water interface*) (Capitani, Nolasco and Tomás, 2016). Perbandingan kandungan karbohidrat dapat dilihat pada Gambar 8. Polisakarida yang merupakan bagian dari karbohidrat pada pada *chia seed* mucilage berperan penting dalam menjaga kestabilan emulsi khususnya *oil in water emulsion*, polisakarida dengan sebagian besar struktur hidrofilik akan memberikan kapasitas untuk meningkatkan viskositas fase *aqueous* yang akan mengurangi pergerakan droplet minyak sehingga tidak saling bertabrakan (Capitani, Nolasco and Tomás, 2016). Komposisi protein yang ada pada fase kontinu berperan penting untuk menentukan aktivitas pada *interfacial* membran protein selama persiapan pembuatan emulsi (Capitani, Nolasco and Tomás, 2016). Pada umumnya, jumlah konsentrasi protein akan berbanding lurus pada kapasitas emulsifikasi pada kondisi pH apapun karena dapat mengurangi ukuran droplet minyak pada sampel pengujian yang dilakukan oleh Nwachukwu and Aluko, (2018). Meskipun begitu, dalam penelitian Nwachuku dan Aluko (2018) menemukan bahwa pada pH 9, kapasitas emulsi sangat buruk ditunjukkan pada protein globulin pada *chia seed*, droplet minyak yang dihasilkan lebih besar, daripada emulsi yang terbentuk dari albumin *chia seed*. Sehingga dari penelitian tersebut dapat diketahui jumlah protein bukan satu – satunya faktor dalam menentukan kapasitas emulsi *chia seed*, selain itu dapat diketahui pada kondisi pH netral – basa, kemampuan emulsifikasi protein globulin *chia seed* lebih baik. Sehingga dalam persiapan emulsi, penting memberikan perhatian pada kondisi keasaman adonan kue pada kondisi netral – basa untuk menghasilkan emulsifikasi terbaik, mengingat komposisi protein tertinggi *chia seed* adalah globulin.

Aquafaba atau air bekas rebusan *chickpea* atau kacang garbanzo mengandung setidaknya 1,5 g/100 g protein, 94 g /100 g air, 0,5 g/100 g abu, dan sisanya adalah kandungan karbohidrat kompleks dan sederhana yang tidak terdeteksi jumlah pastinya, selain itu tidak terdeteksi adanya kandungan lemak dalam *aquafaba* (Mustafa *et al.*, 2018). Nilai kandungan protein yang ditemukan oleh Mustafa *et al.*, (2018) dan Stantiall *et al.*, (2018) bahwa kandungan protein pada *aquafaba* berkisar 0,95 – 1,5%, hal tersebut juga sesuai dengan penelitian oleh Buhl, Christensen and Hammershøj (2019) yang menemukan protein *aquafaba* sebanyak 1,3%. Dalam kandungan masa kering dalam 100 ml *aquafaba* sebanyak 7,89 gram yang terdiri dari karbohidrat dalam bentuk gula, serat pangan larut, dan tidak larut, serta protein (Buhl, Christensen and Hammershøj, 2019); (Mustafa *et al.*,

2018); (Stantiall *et al.*, 2018). Namun komposisi nutrisi dalam *aquafaba* dapat berbeda tergantung dari prosedur pengalengan dan perbedaan genetik antara jenis *chickpea* yang digunakan (Mustafa *et al.*, 2018). Studi terkini menemukan tingginya konsentrasi polisakarida larut air dari *aquafaba* yang memiliki kemampuan membentuk busa yang stabil serta memiliki sifat emulsifikasi (Monfort *et al.*, 2012). Salah satu jenis polisakarida yang larut merupakan hemiselulosa yang dapat bertindak sebagai *emulsifier* (Thushan Sanjeeva *et al.*, 2010). Selain itu ditemukan kandungan fitokimia yaitu saponin yang secara struktur kimianya mampu membantu pembentukan emulsi (Guclu-Ustundag and Mazza, 2007). Pada pemanasan terkontrol antara campuran protein dan polisakarida akan menghasilkan formasi kompleks kovalen yaitu polimer ampifilik dengan sifat permukaan yang lebih baik, oleh karena itu dapat meningkatkan emulsifikasi pada *aquafaba* (Mustafa and Reaney, 2020). Menurut Buhl, Christensen and Hammershøj (2019) karena proses pemanasan saat proses produksi *aquafaba*, menyebabkan adanya migrasi senyawa dari kacang garbanzo dan perubahan struktural pada protein serta polisakarida lewat reaksi *Maillard*.

3.1.2. Stabilitas Emulsi

Stabilitas dari emulsi merupakan kombinasi dari beberapa mekanisme dan bergantung pada sifat senyawa yang ada dalam sistem. Faktor yang sering ditemukan berperan aktif dalam pembentukan dan stabilisasi emulsi adalah protein aktif pada permukaan dan antar permukaan (Norn, 2015). Emulsifikasi terjadi ketika molekul dengan berat molekul yang tinggi membentuk lapisan pelindung pada antarmuka minyak-air sehingga menurunkan tegangan antarmuka antara molekul minyak dan air (Hu, Shim and Reaney, 2020). Saat ketegangan antarmuka menurun maka fase kontinyu dan terdispersi bisa menjadi homogen dan tidak mudah terpisah atau pecah (Pham *et al.*, 2019).

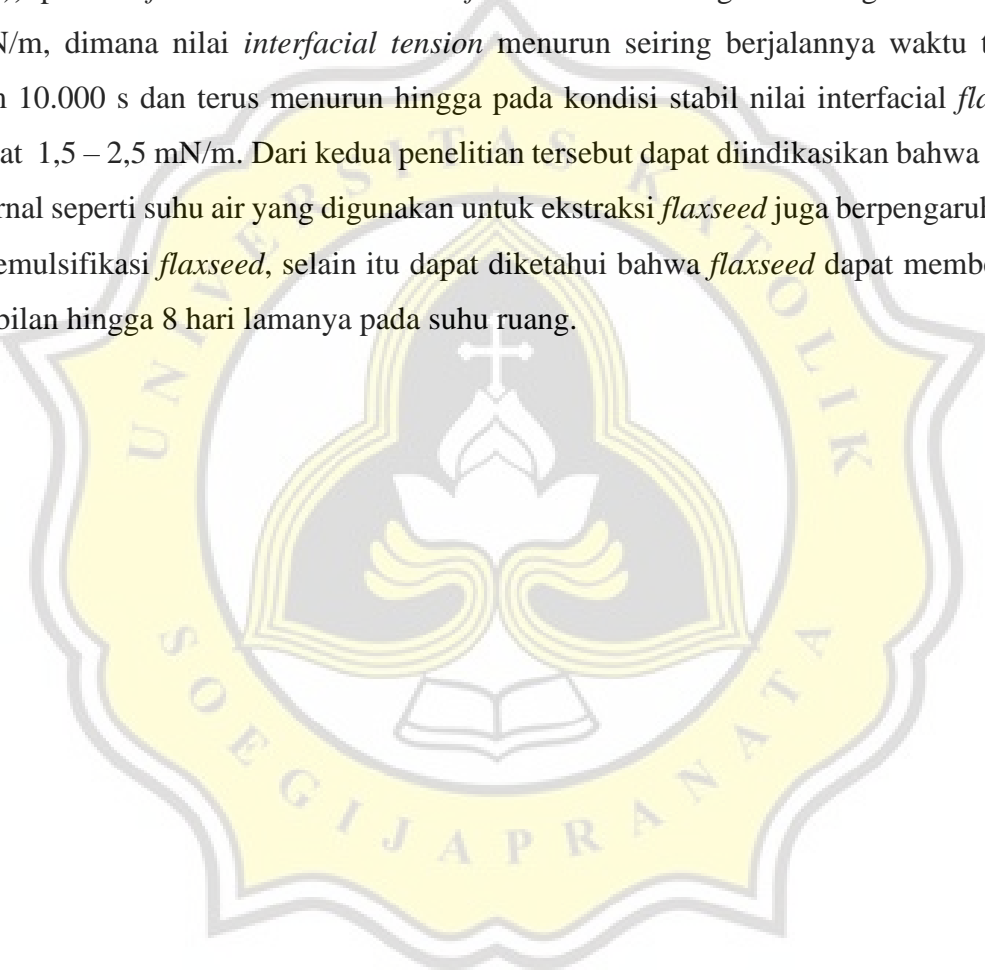
Dalam meninjau sifat emulsifikasi *flaxseed*, *chia seed*, dan *aquafaba*, yaitu stabilitas emulsi, menggunakan prinsip metode yang sama. Metode tersebut adalah mencampurkan sampel agen pengemulsi dengan air lalu dihomogenisasi kemudian ditambahkan minyak sebagai fase terdispersi, lalu dihomogenisasi lagi untuk beberapa menit. Hasil homogenisasi akan menunjukkan 3 lapisan lalu dihitung dahulu volume lapisan teremulsi

awal. Setelah itu larutan emulsi tersebut dipanaskan hingga mencapai suhu tertentu selama beberapa waktu kemudian didinginkan hingga suhu yang telah ditentukan kemudian dihitung volume sisa lapisan teremulsi dan dibagi dengan volume lapisan teremulsi yang sudah dihitung di awal.

Sifat emulsifikasi pada telur ayam yang utama berhubungan dengan kandungan yang ada pada kuning telur. Meskipun begitu telur secara keseluruhan merupakan pengemulsi yang bagus meskipun kapasitas emulsi yang ditunjukkan dari telur secara utuh adalah setengah dari kapasitas emulsi kuning telur (Monfort *et al.*, 2012). Salah satu parameter utama untuk mencirikan sifat emulsifikasi adalah kestabilan emulsi. Kestabilan emulsi telur diuji dengan menguji cairan emulsi yang sudah ditambahkan telur sebagai *emulsifier* lalu dipanaskan pada suhu 80 °C selama 30 menit kemudian dengan segera didinginkan pada air es bersuhu 20 °C (Monfort *et al.*, 2012). Dari penelitian tersebut juga ditemukan bahwa kestabilan emulsi tidak terpengaruh oleh temperatur 55 – 76 °C. Nilai kestabilan emulsi oleh telur sebagai *emulsifier* yang cukup tinggi, dinilai karena kandungan protein di dalamnya (Puertas and Vázquez, 2021).

Flaxseed tidak dapat langsung diuji kestabilan emulsinya karena bagian *flaxseed* yang memiliki sifat emulsifikasi adalah *mucilage* atau gel yang dihasilkan saat *flaxseed* dehidrasi dengan air, sehingga perlu langkah persiapan untuk mengekstraksi *mucilage* dari *flaxseed* barulah dapat diuji stabilitas emulsinya (Hu, Shim and Reaney, 2020). Bila dilihat dari penelitian yang telah dilakukan oleh Hu, Shim and Reaney (2020), stabilitas emulsi terlihat lebih tinggi dan stabil hingga saat disimpan selama 8 hari pada suhu ruangan dan saat *flaxseed* dipersiapkan pada suhu 98°C. Hasil kestabilan emulsi menunjukkan bahwa *flaxseed* mampu menjaga sistem emulsi hingga 98,7% meskipun sudah disimpan selama 8 hari dengan penurunan kestabilan hanya 0,8%. Angka kestabilan emulsi oleh *flaxseed* yang ditemukan oleh Hu, Shim and Reaney (2020) jauh lebih tinggi dibanding dengan angka kestabilan emulsi dari telur. Hal tersebut bisa disebabkan oleh perbedaan suhu yang digunakan saat persiapan uji yakni 98 °C. Suhu yang cukup tinggi mengakibatkan enzim dan bakteri mati atau inaktif, menurunnya tingkat migrasi droplet minyak. Jumlah protein dan pengotor terekstraksi yang lebih banyak larut pada suhu tinggi akan membatasi migrasi droplet minyak sehingga

dihasilkan kapasitas emulsifikasi yang lebih tinggi. Saat kapasitas emulsifikasi lebih tinggi maka kemungkinan terpisahnya fase kontinyu dan terdispersi akan lebih kecil sehingga kestabilan emulsi bisa lebih besar (Hu, Shim and Reaney, 2020). Mekanisme lain yang berkontribusi dalam pembentukan emulsi yang stabil oleh *flaxseed* adalah hadirnya grup hidrofobik pada struktur protein yang dapat menyerap pada fase minyak emulsi (Kaushik *et al.*, 2017). Selain itu nilai *interfacial tension* dapat membantu untuk mengetahui tingkat stabilitas emulsi. Pada penelitian Pham *et al.*, (2019) dan Kuhn *et al.*, (2014), protein *flaxseed* memiliki *interfacial tension* dengan rentang 20 mN/m – 17mN/m, dimana nilai *interfacial tension* menurun seiring berjalannya waktu terjadi dalam 10.000 s dan terus menurun hingga pada kondisi stabil nilai *interfacial flaxseed* tercatat 1,5 – 2,5 mN/m. Dari kedua penelitian tersebut dapat diindikasikan bahwa faktor eksternal seperti suhu air yang digunakan untuk ekstraksi *flaxseed* juga berpengaruh pada sifat emulsifikasi *flaxseed*, selain itu dapat diketahui bahwa *flaxseed* dapat memberikan kestabilan hingga 8 hari lamanya pada suhu ruang.



Tabel 7. Stabilitas Emulsi

<i>Emulsifier</i>	Rentang Stabilitas Emulsi*	Suhu	pH	Waktu Penyimpanan	Hasil Temuan Utama	Referensi
Telur	86,21 – 81,69%	20 ⁰ C	-	30 menit	Nilai stabilitas emulsi telur ayam tidak berubah pada suhu 55 – 76 ⁰ C	(Puertas and Vázquez, 2021)
<i>Flaxseed</i>	85,83 - 77,19 %	25 ⁰ C	-	17 – 58 menit	Nilai kestabilan emulsi <i>flaxseed</i> yang dicantumkan merupakan nilai tertinggi dan ditunjukkan merupakan <i>accelerated emulsion stability</i>	(Lee and Choo, 2015)
	99.5% - 98.7%	20 – 22 ⁰ C	-	8 hari	Sampel yang disiapkan pada suhu 98 ⁰ C dan disimpan pada suhu ruang selama 8 hari	(Hu, Shim and Reaney, 2020)
<i>Chia seed</i>	80 – 60%	25 ⁰ C	7 - 9	-	Data menunjukkan stabilitas emulsi pada fraksi protein globulin dan glutelin (2 jenis protein dengan komposisi terbanyak pada <i>chia seed</i>) yang diasumsikan untuk mewakili informasi mengenai stabilitas emulsi <i>chia seed</i>	(Julio <i>et al.</i> , 2019)
	77,79 – 75,31%	1 ⁰ C	6,75	120 hari	Data menunjukkan stabilitas emulsi paling tinggi pada <i>chia seed</i> mucilage yang dilakukan oleh peneliti terkait, dengan	(Capitani, Nolasco and Tomás, 2016)

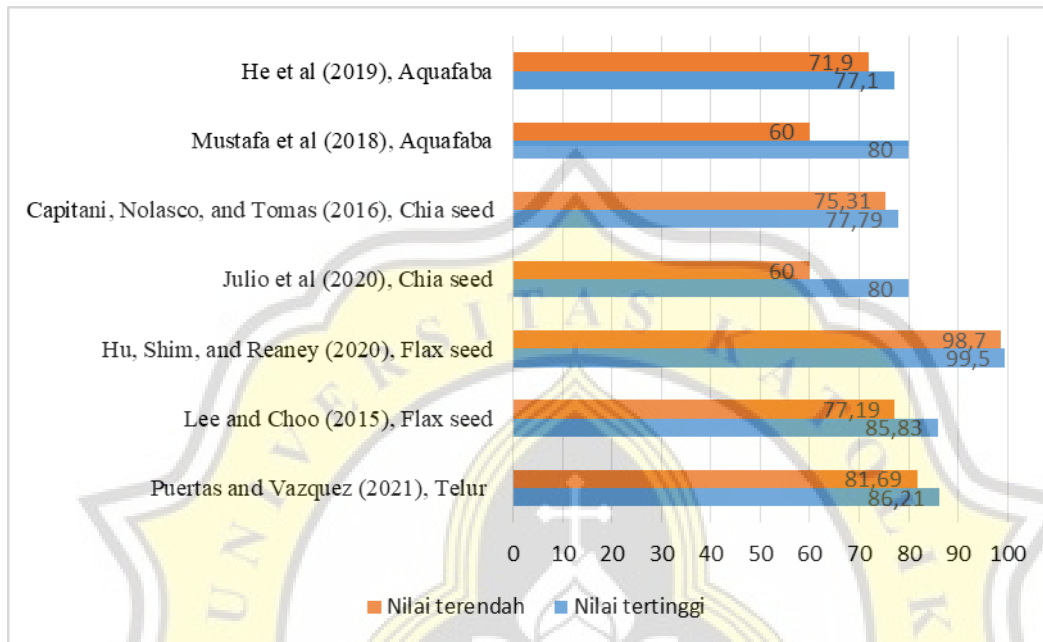
					pengujian penyimpanan selama 120 hari pada suhu 1 °C
<i>Aquafaba</i>	60 – 80%	-	-	30 menit	Nilai rentang stabilitas yang dicantumkan (Mustafa <i>et al.</i> , 2018) adalah hasil uji dari 10 variasi <i>Aquafaba</i> yang digunakan dan 2 diantaranya tidak mengandung garam
	71,9 – 77,1%	20 – 22 °C	-	15 menit	Nilai rentang stabilitas tertinggi ditunjukkan (He <i>et al.</i> , 2019) pada <i>Aquafaba</i> yang dihasilkan dari <i>chickpea</i> kultivar Leader dan Amit

Keterangan:

*diukur dengan prinsip metode yang sama yaitu menghitung volume sisa lapisan teremulsi yang telah didiamkan beberapa waktu lalu dibagi dengan volume lapisan teremulsi yang sudah dihitung di awal.

Tabel 5 menunjukkan penelitian terkait stabilitas emulsi dari emulsifier alami yaitu telur, *flaxseed*, *chia seed*, dan *Aquafaba*. Dalam penelitian stabilitas emulsi telur dilakukan dengan mempersiapkan larutan emulsi yang terdiri dari air *deionized* yang dicampur dengan sample emulsifier (telur) kemudian dihomogenisasi dengan homogenizer pada 10000 rpm selama 30 detik, setelah itu ditambahkan minyak biji bunga matahari sebagai fase terdispersi yang kemudian dihomogenisasi kembali selama beberapa menit (Puertas and Vázquez, 2021). Larutan emulsi tersebut kemudian dipanaskan hingga suhu 80°C dengan *thermostatic waterbath* selama 30 menit lalu didinginkan hingga suhu 20°C menggunakan air es, setelah proses persiapan selesai barulah bisa dihitung nilai stabilitas emulsi (%) dengan rumus membagi volume lapisan emulsi yang tersisa dibagi dengan banyaknya volume awal lapisan emulsi. Metode yang digunakan untuk mengetahui nilai rentang stabilitas

emulsi pada *emulsifier* juga menggunakan prinsip yang sama. Dalam Tabel 5 seluruh penelitian terkait sama – sama menggunakan mengukur suhu sebagai indikator penelitian namun hanya beberapa yang menggunakan pH sebagai indikatornya.



Gambar 8. Perbandingan rentang persentase stabilitas emulsi oleh telur, *flaxseed*, *chia seed*, dan *aquafaba*

Diketahui dari pembahasan di sub bab sebelumnya, *chia seed* dapat menghasilkan mucilage sebanyak 5 – 6% dari total berat biji itu sendiri, dimana mucilage dari banyak penelitian juga diketahui mengandung serat pangan terlarut yang bermanfaat untuk menaikkan viskositas. Selain itu mucilage yang dihasilkan oleh *chia seed* mengandung setidaknya sejumlah kecil material seperti protein sebagai bagian yang dapat terserap pada *interface* air-minyak (Capitani, Nolasco and Tomás, 2016). Selain protein kandungan lain yang penting dalam menstabilkan suatu emulsi adalah karbohidrat khususnya jenis polisakarida. Dalam penelitian Timilsena *et al.* (2016) yang mengevaluasi sifat emulsifikasi mucilage murni *chia seed*, ditemukan kandungan protein sebanyak 2,6% dari keseluruhan berat mucilage, dimana semakin meningkat rasio gum-oil maka indeks aktivitas emulsi dan stabilitas emulsi juga meningkat. Selain itu mereka juga menemukan bahwa tekanan permukaan mucilage pada antarmuka sistem emulsi

berkurang. Polisakarida merupakan mekanisme utama dalam menstabilkan sistem emulsi khususnya *oil in water emulsion*, jenis emulsi yang sama dengan adonan *cake*. Polisakarida menstabilkan emulsi berdasarkan struktur hidrofilik yang memberikan kapasitas untuk meningkatkan viskositas fase *aqueous*, hal itu dapat mengurangi pergerakan droplet minyak dalam sistem sehingga terhindar dari *collision* (Capitani, Nolasco and Tomás, 2016). Capitani, Nolasco and Tomás (2016) dalam penelitiannya yang juga menguji stabilitas emulsi selama penyimpanan hingga 120 hari pada suhu 1 °C, dalam sampel emulsi dengan penambahan chia seed mucilage dengan konsentrasi terbanyak menunjukkan stabilitas emulsi yang tinggi. Fakta tersebut dapat dikaitkan dengan sifat polisakarida yang dapat meningkatkan viskositas dalam fase kontinyu pada sistem emulsi. Stabilitasnya emulsi berkontribusi pada stabilitas emulsi yang kuat terhadap pembentukan krim (*creaming*) selama waktu penyimpanan yaitu 120 hari, karena berkurangnya mobilitas atau pergerakan droplet minyak dalam emulsi.

Kemampuan emulsifikasi *aquafaba* menurut Mustafa dan temannya (2018), kemampuan *foaming* dan sifat emulsi bisa berbeda antara merek *aquafaba* karena belum adanya standarisasi penggunaan kultivar *chickpea* yang mempengaruhi kandungan dan sifat fungsional *aquafaba*. Kestabilan emulsi *aquafaba* yang diuji oleh Mustafa *et al.*, (2018) berkisar antara 60% hingga 80%. Studi lain menunjukkan angka kestabilan emulsi *aquafaba* berkisar 71,9 – 77,1% di suhu 20 – 22 °C dalam waktu pengujian 15 menit. Perbedaan variasi sifat emulsi antar merek *aquafaba* kaleng disebabkan terutama karena perbedaan varietas *chickpea* yang digunakan, komposisi, proses pengalengan, dan bahan tambahan pangan yang digunakan (Shim *et al.*, 2018). Pengujian elektroforesis dan analisis peptida *aquafaba* yang dilakukan oleh Mustafa *et al.*, (2018) juga menemukan bahwa protein *aquafaba* yang memiliki massa molekul yang rendah ≤ 25 kDa yang kemungkinan besar merupakan albumin yang memiliki sifat *foaming* dan emulsi yang baik (Mustafa *et al.*, 2018). Selain albumin, yang merupakan fraksi protein, kandungan kimia lain dalam *aquafaba* yang membantu meningkatkan kapasitas dan stabilitas emulsi adalah polisakarida yang merupakan salah satu jenis karbohidrat (He *et al.*, 2019). Penemuan lain juga menemukan pengujian kestabilan emulsi yang didapat dari beberapa sampel *Aquafaba* dengan merek yang berbeda, *aquafaba* dari merek X yang tidak mengandung garam dan *additives*, menghasilkan kapasitas *foaming* dan stabilitas emulsi

yang lebih baik dibandingkan dengan *aquafaba* dari merek yang mengandung garam dan *additives* lain. Pada penelitian He *et al.* (2019) juga dapat diketahui *aquafaba* dari jenis *chickpea* yang berbeda dapat menghasilkan stabilitas emulsi, dan jenis kultivar Leader berpotensi untuk dijadikan standar *aquafaba* yang akan dimanfaatkan sebagai emulsifier paling baik.

3.1.3. Kelarutan Protein

Protein merupakan salah satu zat nutrisi yang ada dalam *emulsifier* alami, baik emulsifier protein dan polisakarida, memerankan peran yang besar dan penting dalam pembentukan dan stabilisasi emulsi dalam makanan. Protein yang diserap menstabilkan emulsi melalui stabilisasi elektrostatis dan sterik. Dimana stabilisasi oleh protein ditentukan oleh kelarutan protein dalam fase air (Nilsson *et al.*, 2007), (Lan *et al.*, 2020). Kelarutan protein diartikan sebagai jumlah proporsi nitrogen dalam protein yang larut dalam kondisi spesifik tertentu (Zayas, 1997). Kelarutan adalah banyaknya protein pada sampel yang larut dalam larutan. Kelarutan protein dipengaruhi oleh komposisi asam amino dan urutannya, berat molekul, dan keberadaan grup polar dan non polar dalam asam amino (Zayas, 1997). Selain itu kelarutan protein juga dipengaruhi oleh tipe solven, pH, temperatur, dan kondisi saat pemrosesan.

Faktor utama yang mempengaruhi kelarutan protein adalah pH dari medium atau lingkungan emulsi. Nilai solubilitas protein dalam medium *aqueous* adalah hasil interaksi molekul elektrostatis dan hidrofobik dengan molekul protein. Kelarutan akan meningkat bila tolakan elektrostatis antar molekul lebih tinggi dibanding interaksi hidrofobik (Zayas, 1997). Protein larut akan berinteraksi dengan solvent, pada titik isoelektrik (pI), protein tidak memiliki muatan, gaya tarik akan mendominasi, dan molekul akan cenderung berasosiasi atau menyatu, menghasilkan ketidaklarutan protein (Zayas, 1997). Saat berada di atas titik isoelektrik, muatan menjadi negatif dan kelarutan akan meningkat. Interaksi protein-air yang meningkat pada nilai pH yang lebih tinggi dari titik isoelektrik atau lebih rendah karena protein memiliki muatan positif atau negatif.

Tabel 8. Tabel Nilai Kelarutan Protein

<i>Emulsifier</i>	Rentang Kelarutan Protein	Suhu	pH	Hasil Temuan Utama	Referensi
Telur	89,8 – 93,8%	-	5 - 8	Kelarutan protein telur konstan pada pH 5 - 8 lalu mulai berkurang 53 – 12% secara perlahan saat pH di angka 4 - 2	(Chen <i>et al.</i> , 2014)
<i>Flaxseed</i>	90 – 100%	22 °C	7 - 9	Persentase kelarutan protein berkurang drastis hingga nilai kelarutan terendah yakni 3,54% pada pH 5	(Lan <i>et al.</i> , 2020)
	27 – 76%	20 °C	4 - 9	Kelarutan protein minimum terjadi pada pH 4 yaitu 27% dan kelarutan maksimal dicapai pada pH 9 yakni 76%	(Kaushik <i>et al.</i> , 2016)
Chia seed	16 – 54%	-	3 - 9	Kelarutan protein pada chia seed yang dicantumkan merupakan hasil dari hidrolisis protein chia seed. Pada pH 3 protein terlarut sebanyak 16% dan 54% pada pH 9.	(Urbizo-Reyes <i>et al.</i> , 2019)
	40 – 98%	50 °C	1 -12	Protein mulai larut pada pH 1 sebesar 40% dan terendah pada pH 3, lalu meningkat dan mencapai kelarutan tertinggi pH 12 sebesar 98%	(Timilsena, Adhikari, Barrow, <i>et al.</i> , 2016)
<i>Aquafaba</i>	79 - 94%	-	2 – 9,5	Albumin <i>Aquafaba</i> terlarut sebesar 79% pada pH 2 dan 94% terlarut pada pH 9.5.	(Boye, Zare and Pletch, 2010)

Tabel 6 menunjukkan persentase kelarutan protein dari telur, *flaxseed*, chia seed, dan *Aquafaba*. Bila dilihat dari uji yang telah dilakukan, kelarutan protein erat pengaruhnya dengan pH. *Aquafaba* memiliki kelarutan protein yang cukup tinggi diantara emulsifier lain karena pada pH 2 nilai kelarutan proteinnya sudah mencapai 79% dan mencapai titik tertinggi pada pH 9,5 yakni 94%. Hampir sama dengan *Aquafaba*, kelarutan protein chia seed juga terlihat pada pH rendah yakni 3 dengan nilai kelarutan 16%, namun kelarutan tertinggi hanya mencapai 54% pada pH 9. Kelarutan protein pada *flaxseed* cenderung yang paling mendekati dengan telur, yakni kelarutan 90% pada pH 7 dan larut sempurna pada pH 9.

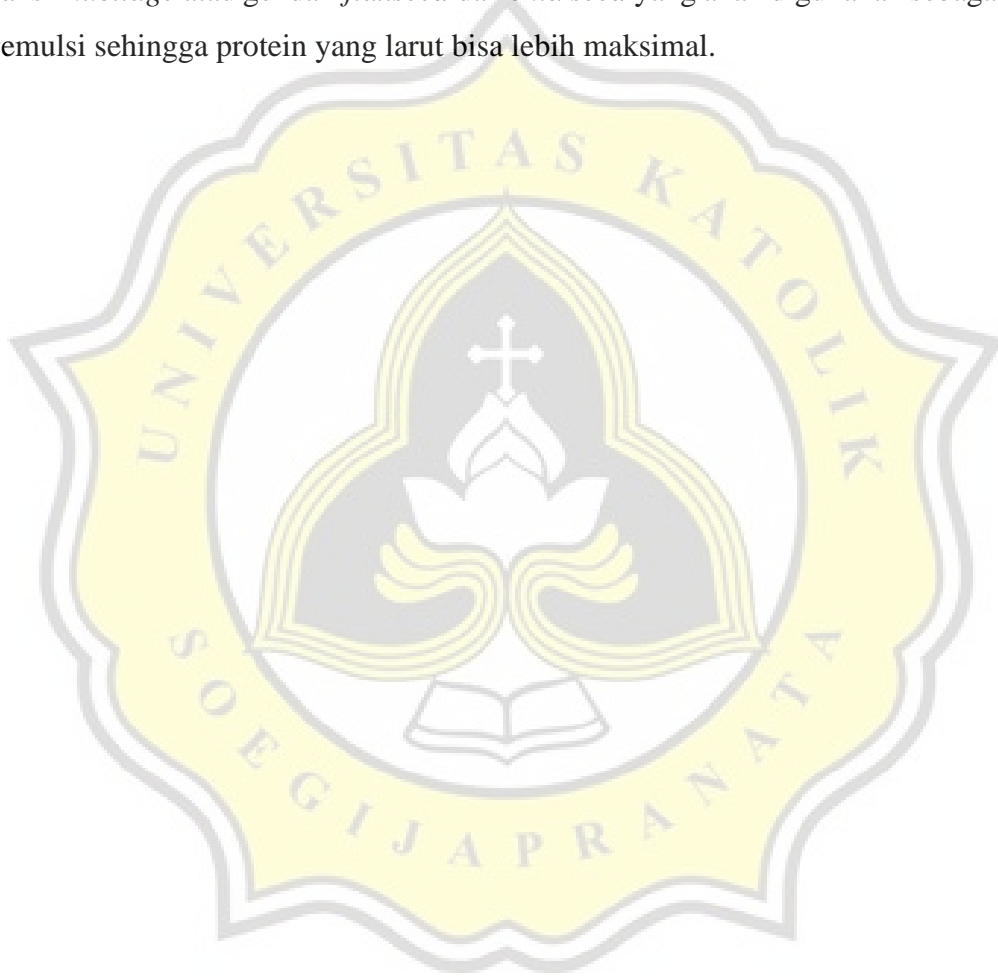
Persentase kelarutan protein untuk *flaxseed* mencapai kelarutan sempurna pada pH 7 atau pada kondisi alkaline (Lan *et al.*, 2020). Hal yang sama juga ditemui pada pengujian yang dilakukan oleh Oomah, Mazza and Cui, (1994) yang menunjukkan kelarutan protein *flaxseed* meningkat saat mendekati pH netral. Fenomena ini dapat terjadi karena adanya pembentukan kompleks terlarut antara protein *flaxseed* lewat interaksi elektrostatik pada kisaran pH tersebut, sehingga tingkat kelarutan meningkat (Lan *et al.*, 2020). Namun menurut (Oomah, Mazza and Cui, 1994) kelarutan protein *flaxseed* juga dipengaruhi oleh konsentrasi garam dalam emulsi, dimana interaksi antara pH dan kekuatan ionik menunjukkan sangat signifikan, yang mengindikasikan garam sangat mempengaruhi kelarutan protein dalam *flaxseed*. Kelarutan protein pada *flaxseed* selain dipengaruhi oleh tingkat keasaman dan kandungan garam, suhu juga mempengaruhi kelarutan fraksi protein *flaxseed*. Pada studi terkini yang dilakukan oleh (Kaushik *et al.*, 2017), hasil ekstraksi protein *flaxseed* tertinggi yang dapat terekstraksi dihasilkan pada suhu 90°C namun aktivitas emulsi terendah ditemukan pada suhu tersebut. Hal ini dapat dikaitkan dengan penurunan kelarutan protein di atas suhu denaturasinya, karena suhu denaturasi salah satu fraksi protein *flaxseed* adalah 83 °C (Kaushik *et al.*, 2017). Umumnya penggunaan suhu tinggi saat pemrosesan akan mempengaruhi kualitas protein (denaturasi) sehingga kelarutan protein juga akan menurun (Kajla, Sharma and Sood, 2015). Meskipun begitu suhu saat ekstraksi *flaxseed* tidak berpengaruh pada stabilitas emulsi (Kaushik *et al.*, 2017).

Kelarutan protein pada *chia seed* dapat dilihat pada tabel 6. Penelitian (Urbizo-Reyes *et al.*, 2019) menemukan kelarutan protein chia seed terendah pada poin isoelektriknya (pI), pH 3, yakni hanya 16%. Selain itu dalam kelarutan protein *chia seed* didapati mengalami peningkatan pada pH 9 sebesar 54% dan menjadi kelarutan maksimal protein *chia seed* yang ditemukan oleh Urbizo dan temannya. Penemuan tersebut sejalan dengan teori (Zayas, 1997) yang mengatakan bahwa protein semakin sukar larut bila mendekati poin isoelektriknya karena protein tidak memiliki muatan, gaya tarik akan mendominasi, dan molekul akan cenderung berasosiasi atau menyatu, menghasilkan ketidaklarutan protein. Saat pH dalam larutan meningkat dibawah atau di atas pI maka kelarutan akan lebih besar karena adanya gaya tolak menolak elektrostatik yang lebih besar antar molekul daripada interaksi hidrofobik (Zayas, 1997). Pada penemuan Urbizo-Reyes *et al.*, (2019) juga menunjukkan hasil yang serupa yakni saat pH larutan diatas atau dibawah pI maka kelarutan protein meningkat, namun berbeda dengan penemuan oleh (Timilsena, Adhikari, Barrow, *et al.*, 2016) dimana kelarutan protein sudah dimulai saat pH 1, kelarutan protein dalam chia seed yang baru terdeteksi larut pada pH 3 di penemuan Urbizo-Reyes *et al.*, (2019).

Berbeda dengan hasil kelarutan *chia seed* yang diuji oleh Timilsena, Adhikari, Barrow, *et al.*, (2016) yang mendapati protein *chia seed* mengalami kelarutan maksimal 98% pada pH 12 dan pH 1 dengan kelarutan 40% sebagai kelarutan terendah yang dapat diamati. Ketidaksesuaian dapat terjadi karena adanya perbedaan komposisi asam amino dan jumlah grup polar dan non polar di dalam asam amino yang berperan penting dalam menentukan kelarutan protein karena perbedaan asam amino akan menghasilkan perbedaan derajat kelarutan dalam air (Lorenzo, 2008). Perbedaan komposisi asam amino juga dapat disebabkan perbedaan kultivar *chia seed* yang digunakan.

Kelarutan *aquafaba* masih sangat minim dibahas karena pada dasarnya *aquafaba* merupakan air bekas rebusan *chickpea* dimana dimana diasumsikan seluruh komponen proteinnya telah larut. Namun bila dilihat pada Tabel 6 terdapat salah studi yang menemukan bahwa kelarutan *aquafaba* tertinggi dialami di pH 9 sebesar 98% dan kelarutan pada pH 2 bisa mencapai 89% (Boye, Zare and Pletch, 2010). Sama halnya dengan *flaxseed* dan *chia seed*, kelarutan protein *Aquafaba* mengalami penurunan saat

mendekati titik isoelektriknya. Disebutkan pada jurnal Boye, Zare and Pletch (2010), poin isoelektrik *Aquafaba* berkisar pada pH 4 dan 6. Lebih tepatnya, globulin dan albumin protein yang berasal dari ekstraksi *chickpea* memiliki titik isoelektrik 3,9 dan 4,2, namun bila protein berada dibawah atau melebihi titik isoelektrik maka kelarutan protein akan meningkat. Dari banyak studi yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa terdapat faktor eksternal yang dapat mempengaruhi kelarutan protein yaitu derajat keasaman lingkungan fase kontinyu (air). Hal ini dapat digunakan untuk mengatur pH saat proses ekstraksi *mucilage* atau gel dari *flaxseed* dan *chia seed* yang akan digunakan sebagai agen pengemulsi sehingga protein yang larut bisa lebih maksimal.



3.2. Aplikasi Pengemulsi dan Tinjauan Nutrisi dalam *Cake*

Produk *bakery* merupakan produk makanan memiliki banyak variasi dan modifikasi. Belakangan ini *chia seed* dan *flaxseed* dalam bentuk bubuk sering digunakan sebagai aditif dalam produk *bakery* seperti pada *pound cake* dan roti. *Chia seed* dan *flaxseed* yang dimanfaatkan dalam pengembangan produk *bakery* bisa dalam bentuk biji utuh, direndam atau kering, atau dalam bentuk sudah dihaluskan (digerus), atau dalam bentuk tepung. Penambahan *chia seed* atau *flaxseed* bertujuan utama untuk meningkatkan nutrisi produk kue dan meningkatkan fungsionalitasnya. *Aquafaba* sendiri sudah cukup banyak diteliti untuk sebagai pengganti putih telur dalam *cake* dengan tujuan pengembangan untuk konsumen dengan gaya hidup vegan. Dalam penelitian ini fokus membahas *chia seed*, *flaxseed*, dan *aquafaba* yang digunakan sebagai *emulsifier* dalam pembuatan berbagai jenis *cake*, baik sebagai pengganti atau substitusi.

Tabel 9. Aplikasi Pengemulsi dalam *Cake*

Agen Pengemulsi	Bentuk Agen Pengemulsi	Variasi Persentase Pengemulsi	Formulasi	Jenis Cake	Referensi
<i>Chia seed</i>	<i>Chis seed gel (mucilage)</i>	100%	10 g <i>chia seed</i> gel, tepung, bubuk cokelat, gula, tepung maizena, susu, mentega non – garam, minyak jagung, esens vanila, <i>baking powder</i>	<i>Chocolate cake</i>	(Gallo et al., 2020)
	<i>Chia seed gel (mucilage)</i>	25%, 50%, 75%	3,5 g; 6,9 g; 10,3 g <i>chia gel</i> ; 27,5 g tepung kue; 33 g gula; 16,5 g susu;	<i>Cake</i>	(Borneo, Aguirre and León, 2010)

			10,3 g telur; 6,9 g telur; 3,5 g telur; 8,4 g minyak biji bunga matahari; 0,8 g <i>baking powder</i>		
<i>Flaxseed</i>	<i>Flaxseed</i> mentah dan panggang	10 %, 20 %, 30%, 40%	10, 20, 30, dan 40% agen pengemulsi, 100 g tepung, 84 g gula bubuk, 84 g margarin, 84 g telur, 1,7 g <i>baking powder</i> , dan 1,5 mL esens vanila	<i>Muffin</i>	(Sudha, Begum and Ramasarma, 2010)
<i>Aquafaba</i>	<i>Can Aquafaba</i>	100%	110 mL <i>aquafaba</i> , 3 g cuka apel, 130 g gula halus, 130 g tepung, 7 g <i>baking powder</i>	<i>Sponge cake</i>	(Mustafa <i>et al.</i> , 2018)
<i>Aquafaba</i>		10%, 50%, 75%, 100%	100 g tepung gandum, 50 g <i>shortening</i> , 75 g gula, 8 g susu bubuk, 0,2 gram garam, 3 g <i>baking powder</i> , 1 g vanilin, 0,5 g DATEM, 0,5 g <i>xanthan gum</i>	<i>Traditional cake</i>	(Aslan and EertaŞ, 2020)

Pada pengamatan *chia seed gel* sebagai pengganti telur pada kue coklat dan diamati penerapan dan kualitas sensorik setelah pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan *cake* segar yang menggunakan *chia gel* kurang diminati bila dibandingkan dengan *cake* yang sudah disimpan beberapa waktu dalam kondisi dingin. Gallo *et al.* (2020) mengatakan penyimpanan/pengawetan dingin mungkin mempengaruhi fungsi *chia seed gel* secara positif karena penerimaan yang lebih tinggi. Kandungan karbohidrat dalam *chia gel* menunjukkan peran pada struktur *cake* yang mirip dengan serat. Viskositas yang terbentuk saat pembentukan gel mampu menunjukkan peran yang mirip dengan telur. *Muffin* dengan penggantian telur seluruhnya dengan *chia gel* menunjukkan penerimaan yang baik konsumen pada atribut *flavor* dan tekstur. Evaluasi warna *crumb* dan tekstur menunjukkan tidak ada perubahan negatif pada *cake* coklat segar, penyimpanan 7 hari, maupun 14 hari, namun tekstur *cake* mengalami penurunan kualitas yang sejalan dengan banyaknya penambahan *chia gel*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan *chia gel* bermanfaat untuk produksi produk tanpa tambahan pengawet karena tidak terjadi reaksi retrogradasi pada pati dalam *cake*. *Chia gel* memainkan peran yang sama seperti telur segar dengan pembentukan jaring protein yang berguna untuk menjaga tekstur dan volume *cake* saat disimpan. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya kemampuan penyerapan air dan viskositas *chia gel* yang berasal dari lapisan luar *chia seed* saat dihidrasi membentuk lapisan kental berlendir (*mucilage*). *Chia seed* juga menjadi bahan pengganti telur yang sangat baik dalam menjamin keamanan produksi dalam bila terjadi hal seperti *undercook* (Gallo *et al.*, 2020).

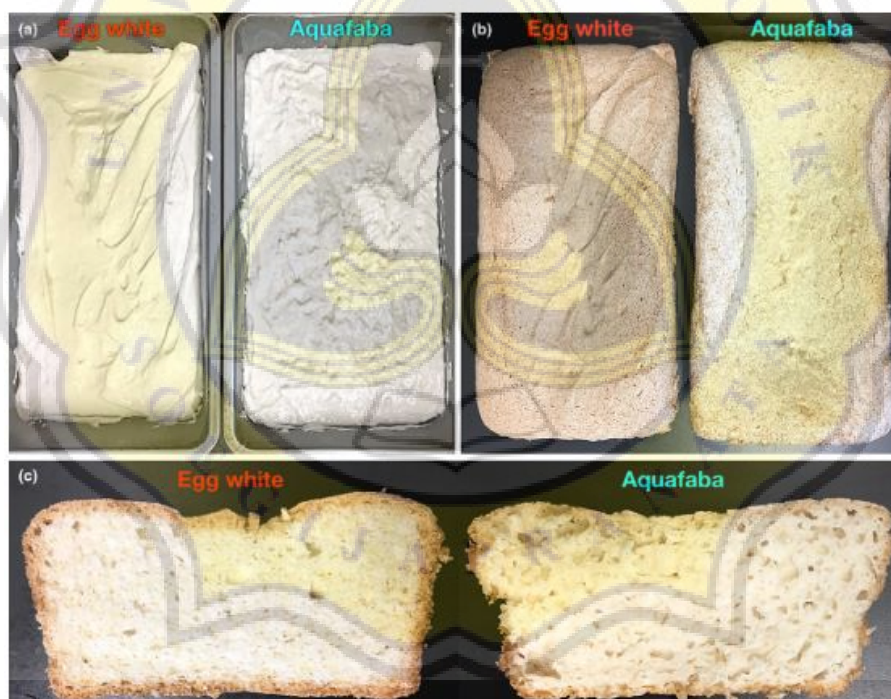
Pada penelitian lain yang meneliti penggunaan *chia seed gel* sebagai substitusi telur pada *cake* tradisional (Borneo, Aguirre and León, 2010), menunjukkan bahwa adanya peningkatan kualitas profil lemak yaitu penurunan kandungan lemak jenuh pada *cake* dengan 50% substitusi, profil lemak dari 1,7 g pada *cake* kontrol turun menjadi 1,4 g. Semakin banyak persentase substitusi telur dengan *chia gel*, kandungan kolesterol menurun. Substitusi telur dengan *chia gel* tidak mempengaruhi sifat fungsional secara signifikan, berat kue secara statistik tidak menunjukkan perbedaan pada semua level substitusi. Hal tersebut menunjukkan hasil akhir kue tidak akan terpengaruh dengan substitusi *chia gel*, kecuali pada volume kue dimana substitusi diatas 50% menunjukkan berkurangnya volume kue dan menghasilkan kue kurang teraerasi dan lebih padat.

Berbeda dengan penelitian Gallo *et al.*, (2020), *cake* dengan substitusi telur dengan *chia gel*, menunjukkan adanya perbedaan pada penerimaan, warna, dan tekstur pada substitusi pada 50% dan 75%. Namun pada uji sensori yang dilakukan Borneo, Aguirre and León (2010) menunjukkan kue dengan substitusi 50% dan 75% dengan rentang kesukaan netral (tidak suka atau suka) dan sedikit suka, hal tersebut mengindikasikan bahwa panelis yang merupakan mahasiswa dengan rentang umur 20 -30 tahun tidak tidak menyukai *cake* dengan substitusi *chia gel* dengan konsentrasi yang tinggi.

Pada penelitian Sudha, Begum and Ramasarma, (2010) berfokus pada efek penggunaan *flaxseed* dalam bentuk mentah dan panggang pada karakteristik reologi dan aplikasinya pada produk *bakery* khususnya *muffin*. Alasan pemilihan *flaxseed* sebagai bahan penambah pada *muffin* karena kandungan asam linoleat, serat pangan *mucilage*, lignan, dan senyawa fenolik dimana zat – zat tersebut memungkinkan bermanfaat untuk mengurangi resiko penyakit jantung koroner dan kanker. *Muffin* dipersiapkan dengan mengganti tepung gandum dengan 10, 20, 30, dan 40% *flax seed* mentah dan panggang. Pada hasil akhir *muffin* dengan penambahan 0 – 40% *flax seed* mentah didapati berkurangnya volume *cake* dari 150 menjadi 145 untuk *muffin* dengan korporasi *flax seed* mentah dan 150 menjadi 120 untuk *muffin* yang dicampur *flax seed* panggang, sedangkan berat *muffin* seluruhnya meningkat. Tekstur *muffin* diukur menggunakan *Texture Analyzer* dan dihasilkan lebih halus seiring dengan banyaknya *flaxseed* yang ditambahkan baik mentah maupun panggang. Sementara evaluasi sensori *muffin* untuk nilai *crust* berkurang pada penambahan 30% dan 40% *flaxseed*, selain itu bentuk kenampakan *muffin* masih simetrik dan normal pada penambahan 20%; *muffin* dengan penambahan 40% kenampakan tidak simetrik dan menjadi *flat*. Warna *crumb* untuk kedua *muffin* dengan penambahan *flaxseed* mentah dan panggang sama – sama mengalami penurunan signifikan dari *creamish white* (cokelat muda keputihan) ke warna *brownish* (cokelat). Namun dalam segi *flavor* semakin meningkatnya level *flaxseed* baik mentah maupun panggang, *muffin* memiliki rasa *nutty* yang lebih disukai. Nilai penerimaan keseluruhan lebih rendah dan *muffin* dengan penambahan 20% baik *flaxseed* mentah atau panggang sangat dapat diterima. Dari segi kandungan nutrisi pada *muffin*, khususnya kandungan asam α -linoleat semakin tinggi seiring dengan penambahan *flaxseed* khususnya *flaxseed* mentah. Asam α -linoleat merupakan salah satu dari 3 jenis asam lemak yang penting yang

terbukti dapat mengurangi resiko penyakit kardiovaskular (Sudha, Begum and Ramasarma, 2010). Selain kandungan asam α -linoleat, nilai TDF yang diuji pada *muffin* meningkat secara signifikan dari 3,1% pada *muffin* kontrol menjadi 18,3% dengan penambahan *flaxseed* mentah dan 15,8% pada penambahan *flaxseed* panggang. Hal tersebut menunjukkan bahwa *flaxseed* dalam formulasi *muffin* dapat meningkatkan serat pangan.

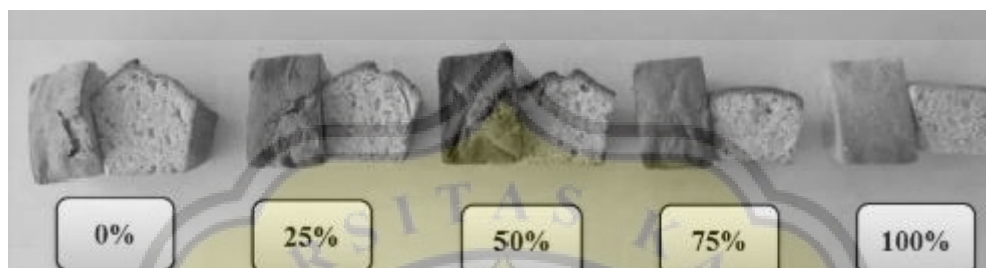
Dalam penelitian *aquafaba* yang digunakan sebagai pengganti 100% (*replacer*) telur dalam pembuatan *sponge cake*, dimana dalam formulasi 3 telur setara dengan 110 ml *aquafaba* dan dicampur 1 sendok teh cuka apel menggunakan *mixer* hingga membentuk adonan busa. Kemudian adonan berbentuk busa yang berasal dari *aquafaba* dicampur dengan bahan – bahan lain.



Gambar 9. Kenampakan *Sponge Cake* Terbuat dari Putih Telur dan *Aquafaba* (a) sebelum dipanggang, (b) setelah dipanggang, (c) kue dipotong melintang (Mustafa *et al.*, 2018)

Pada Gambar 7 dapat dilihat hasil kue yang dibuat dengan *aquafaba* menunjukkan rongga – rongga yang lebih besar, dimana hal tersebut dapat mempengaruhi kualitas sensori kue dan dapat membuat kenampakan kue bagian tengah menjadi lebih cekung (Mustafa *et al.*, 2018). Hal serupa juga terjadi pada hasil penelitian Aslan and Eertaş (2020), kualitas pori dari *cake* tradisional semakin menurun karena penggantian telur dengan *aquafaba* yang menghasilkan penyusutan pori – pori kue sehingga kue menjadi lebih padat. Analisa tekstur *crumb* dari kedua kue relatif sama, namun perbedaan signifikan pada *chewiness*, *springiness*, dan *cohesiveness* (Mustafa *et al.*, 2018). *Crumb* dari kue *aquafaba* kurang *fluffy* (empuk) dan *springy* (kenyal) dibanding kue dengan telur. Kurangnya *chewiness*, *springiness*, dan *cohesiveness* dapat disebabkan oleh stabilitas busa dari *aquafaba* yang jatuh atau *collapse* dalam suhu tinggi sebelum mencapai suhu denaturasi protein sehingga selain kualitas sensori yang menurun, tinggi dan volume kue juga menurun (Mustafa *et al.*, 2018). Dalam studi *egg replacer* pada *cake* oleh Aslan and Eertaş (2020) menjelaskan bahwa volume *cake* yang optimum, struktur rongga, dan tekstur kue diperoleh dari faktor eksternal yakni memastikan pH yang sesuai. Dalam penelitian Aslan and Eertaş (2020) kenaikan pH pada adonan kue dapat menyebabkan naiknya volume kue dan struktur rongga yang lebih besar, sebaliknya, penurunan nilai pH adonan akan menyebabkan produk akhir yang lebih padat, struktur rongga yang lebih kecil, dan volume kue berkurang (Aslan and Eertaş, 2020). Selain itu, proses inkorporasi udara saat *mixing* juga mempengaruhi volume akhir kue. Indeks keseragaman yang ditunjukkan pada kue dengan penambahan *aquafaba* menunjukkan rentang -0,45 – 0,25, dan hasil tertinggi ditunjukkan pada kue dengan penambahan 25% *Aquafaba*. Dalam industri kue indeks keseragaman berguna untuk menunjukkan tingkat kesimetrisan kue, dimana nilai yang diinginkan dari indeks tersebut adalah mendekati nol, dan kue dengan penambahan 50% *aquafaba* menunjukkan hasil yang diinginkan (Aslan and Eertaş, 2020). Analisis warna dari penelitian Mustafa *et al.* (2018) menunjukkan kue dengan *aquafaba* menghasilkan nilai *lightness* (L^*), *yellowish* (b^*), dan *redness* (a^*) tidak terpengaruh dengan penggantian putih telur dengan *aquafaba*. Namun warna *crust* kue dengan *aquafaba* lebih gelap (nilai a^* meningkat). Tidak seperti putih telur, *aquafaba* mengandung gula sederhana dan polisakarida yang berkontribusi dalam reaksi *Maillard* dan karamelisasi yang lebih cepat bila dibandingkan dengan putih telur (Shim *et al.*, 2018). Berbeda dengan hasil penelitian Aslan and Eertaş (2020) yang menemukan nilai L^* yang sama dengan kue kontrol pada

kue dengan 75% *aquafaba*, nilai a^* lebih tinggi pada kue dengan jumlah *aquafaba* yang semakin tinggi, dan nilai b^* secara signifikan menurun. Hasil tersebut tidak dapat dijelaskan pada penelitian (Mustafa *et al.*, 2018) karena melakukan penelitian dengan level *aquafaba* yang sama. Kue dengan 100% *aquafaba* sebagai pengganti telur menghasilkan *lightness* yang semakin tinggi, *redness* signifikan menurun, hal tersebut menghasilkan warna kue yang cenderung pucat dan tidak menarik.



Gambar 10. Sample Traditional Cake dengan *Aquafaba* sebagai Pengganti Telur (Aslan and Eertaş, 2020)

Pada hasil analisa karakteristik sensori oleh Aslan and Eertaş (2020), nilai warna yang hampir sama dengan kue kontrol didapati pada kue dengan penambahan 75% *aquafaba* dan yang paling rendah pada kue dengan 100% *aquafaba*. Skor aroma (*smell*) pada kue *aquafaba* semakin menurun dengan semakin banyak jumlah *aquafaba*. Skor rasa (*taste*) yang paling mendekati dengan kue kontrol adalah kue dengan penggantian 25 – 50% *aquafaba*. Pada segi kenampakan, kue dengan 25% *aquafaba* mirip dengan kue kontrol dan pada segi penerimaan keseluruhan kue dengan penambahan 50% tidak menunjukkan efek negatif. Sehingga dapat disimpulkan dari penelitian Aslan and Eertaş (2020) bahwa penggunaan *aquafaba* sebagai pengganti telur hanya 50% saja agar dapat diterima dari semua aspek kualitas sensori dan fisik.

Tabel 10. Kandungan Nutrisi dalam *Cake* dengan Substitusi atau Pengganti Emulsifier

Agen Pengemulsi	Produk Akhir	Jenis		
		Kandungan Nutrisi	Keterangan	Referensi
Flax seed	<i>Muffin</i>	a) asam α -linoleat	Kandungan nutrisi yang dicantumkan merupakan	(Sudha, Begum and

		b) protein	nutrisi yang memiliki	Ramasarma,
		c) serat	jumlah lebih tinggi	2010)
			pangan	dibandingkan sampel
		d) lignan	kontrol tanpa <i>flaxseed</i> .	
Chia seed	<i>Cake</i>	Asam lemak omega 3	Semakin tinggi level	(Borneo, Aguirre and León, 2010)
			substitusi telur dengan <i>chia gel</i> ,	semakin tinggi kandungan asam lemak omega 3 pada <i>muffin</i>
<i>Aquafaba</i>	NA	a) Vitamin B	Masih terdeteksi pada	(Alajaji and El-Adawy, 2006)
		b) Mineral	<i>aquafaba</i> yang diuji	dengan metode <i>microwave</i>

Keterangan:

NA : *not available*

Pada Tabel 8 dapat dilihat perbandingan kandungan nutrisi *cake* yang menggunakan *flaxseed*, *chia seed*, dan *aquafaba* sebagai emulsifier. Selain mengetahui tentang aspek karakteristik fisik dan sensori yang dihasilkan *flaxseed*, *chia seed*, dan *aquafaba* dalam beberapa penelitian di atas, selanjutnya penting untuk mengetahui zat – zat atau nutrisi apa saja yang ada di dalam produk akhir yang menggunakan *flaxseed*, *chia seed*, dan *aquafaba* sebagai bahan penyusun *cake* sehingga dapat diketahui potensi dan manfaatnya untuk kesehatan. Pada penelitian Sudha, Begum and Ramasarma (2010) yang menggunakan *flaxseed* sebagai salah satu bahan penyusun *muffin* mendapati naiknya kandungan abu atau mineral pada *muffin* dengan *flaxseed* hingga 1,3%. Selain itu kandungan protein pada *muffin* juga meningkat seiring bertambahnya persentase *flaxseed* hingga 39,9%. Nilai TDF dari *muffin* dengan *flaxseed* juga meningkat signifikan dari 3,1% hingga 18,3%, hal tersebut mengindikasikan inkorporasi *flaxseed* dalam formula pembuatan *muffin* membantu meningkatkan serat pangan. Selain kandungan serat pangan yang meningkat, *muffin* dengan *flaxseed* sebagai substitusi telur juga mengandung asam α -linoleat. Asam α -linoleat merupakan asam lemak omega 3 yang esensial bagi tubuh manusia, dengan kandungan asam linoleat mencapai 57% dari total asam lemak dalam *flaxseed* menjadikannya sumber nabati paling kaya untuk asam lemak omega 3 (Ganorkar

and Jain, 2013). Konsumsi asam α -linoleat memberikan dampak positif dalam mencegah penyakit kardiovaskular, menurunkan total plasma kolesterol, dimana pada suatu penelitian yang menguji konsumsi kapsul *flaxseed* 3 kali sehari menunjukkan penurunan lemak darah yang signifikan (Ganorkar and Jain, 2013). Selain asam α -linoleat, *muffin* dengan *flaxseed* ditemukan mengandung lignan. *Flaxseed* sendiri merupakan sumber lignan prekursor tertinggi, lignan berperan penting untuk mencegah kanker yang berhubungan dengan hormon, osteoporosis, dan penyakit kardiovaskular (Bernacchia, Preti and Vinci, 2014). Selain asam α -linoleat dan lignan, *muffin* dengan *flaxseed* juga ditemui kaya akan serat pangan. Serat pangan yang tinggi dalam *muffin* dengan *flaxseed* juga berhubungan langsung dengan kesehatan khususnya pada pengaturan berat badan melalui penekanan rasa lapar. Selain itu, kadar kolesterol juga dapat berkurang karena serat *flaxseed* menghambat penyerapan sehingga lebih banyak kolesterol yang dikeluarkan.

Cake yang dibuat dengan *chia seed* sebagai pengganti *emulsifier* (telur) memiliki kalori lebih rendah 7 kcal bila dibandingkan dengan *cake* kontrol yang menggunakan telur sebagai emulsifier. Selain itu, terdapat peningkatan kualitas profil lemak pada *cake* yang menggunakan *chia seed gel* sebagai pengganti telur dimana kandungan lemak jenuh berkurang dari 1,7 g menjadi 1,4 g pada *cake* dengan 50% substitusi *chia seed gel*. Konsumsi lemak jenuh yang berlebihan dapat memicu penyakit seperti hiperkolesterolemia, meskipun penyakit tersebut dapat disebabkan oleh faktor genetik, faktor sekunder lain seperti akibat dari penyakit diabetes mellitus, sindrom nefrotik, dan kebiasaan diet tinggi lemak jenuh dapat membawa pada penyakit ini (Sari, 2014). Sehingga *cake* dengan korporasi *chia seed gel* sebagai pengganti telur atau emulsifier dapat menjadi pilihan makanan manis alternatif yang lebih sehat.

Studi mengenai identifikasi aspek nutrisi dalam produk *cake* menggunakan *aquafaba* masih sangat minim dan hampir belum ada, sebab *aquafaba* banyak diteliti dalam segi fungsionalitasnya dan peningkatan potensi sebagai agen *emulsifying* atau *foaming* (Mustafa and Reaney, 2020); (Buhl, Christensen and Hammershøj, 2019), (Alsalmán et al., 2020a), (Yazici and Ozer, 2021). Meskipun itu dalam salah satu studi mengatakan bahwa *Aquafaba* menjadi pengganti telur yang sangat populer di kalangan konsumen

dengan gaya hidup vegan karena *aquafaba* sangat fleksibel untuk dikoperasikan ke dalam produk vegan, *gluten-free* (Mustafa and Reaney, 2020). Namun ada satu studi yang menguji kandungan nutrisi *aquafaba* yang diolah dengan 3 metode pemasakan yaitu: direbus, *autoclaving*, dan *microwave*. Dari ketiga metode pemasakan, kandungan vitamin B dan mineral dalam *aquafaba* yang diuji menggunakan *microwave* menunjukkan *loss* yang paling kecil bila dibandingkan dengan metode masak *autoclaving* dan perebusan (Alajaji and El-Adawy, 2006). Peningkatan penyimpanan vitamin saat proses dengan masak menggunakan *microwave* karena waktu pemasakan yang lebih singkat daripada 2 metode lain. Urutan vitamin yang paling banyak hilang adalah piridoksin, ribopafavin, thiamin, dan niacin. Sedangkan proses pemasakan dengan kehilangan vitamin terbanyak yaitu perebusan. Riboflavin bermanfaat untuk anti inflamasi, mendorong sistem imun tubuh, hingga mengurangi potensi osteoporosis (Suwannasom *et al.*, 2020). Kandungan mineral yang tidak ikut dalam *cooking loss* tidak dijelaskan secara spesifik.

