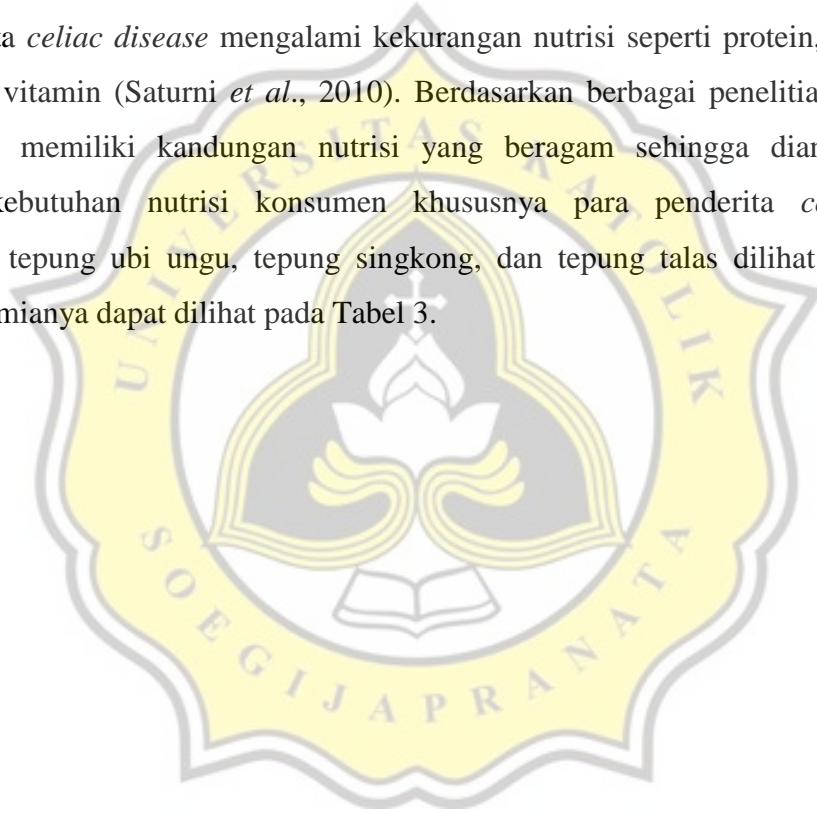


3. REVIEW

3.1. Karakteristik Berbagai Tepung Umbi-umbian

3.1.1. Nutrisi Berbagai Tepung Umbi-umbian

Produk roti tawar bebas gluten yang dikonsumsi penderita *celiac disease* bukan hanya harus memiliki rasa yang enak tetapi juga harus memenuhi kebutuhan nutrisi penderita. Hal ini diperkuat dengan hasil pada beberapa penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa 20-38% penderita *celiac disease* mengalami kekurangan nutrisi seperti protein, serat pangan, mineral, dan vitamin (Saturni *et al.*, 2010). Berdasarkan berbagai penelitian, tepung dari umbi-umbian memiliki kandungan nutrisi yang beragam sehingga dianggap mampu memenuhi kebutuhan nutrisi konsumen khususnya para penderita *celiac disease*. Karakteristik tepung ubi ungu, tepung singkong, dan tepung talas dilihat dari berbagai komponen kimianya dapat dilihat pada Tabel 3.



Tabel 3. Komponen Kimia Tepung Umbi-umbian

Jenis Tepung	Komponen Kimia	Pustaka
Tepung Ubi Ungu	Sumber karbohidrat, serat pangan, mineral, dan vitamin, asam fenolat, tokoferol, betakaroten, dan antosianin. Kandungan kimia yang berkaitan dengan aktivitas antioksidan pada ubi ungu seperti total fenolik, turunan <i>hydroxycinnamic acid</i> , dan total antosianin.	(Antonio <i>et al.</i> , 2011; Santiago <i>et al.</i> , 2015; Wang <i>et al.</i> , 2016)
Tepung Singkong	Karbohidrat sebesar 83,8% dan kandungan protein sebesar 1%. Rendah lemak. Mengandung pati resisten. Mengandung dua jenis sianogenik glikosida yang bernama linamarin dan lotaustralin. Kandungan serat lebih rendah dari terigu. Rata-rata ukuran partikel lebih besar dari terigu.	(Hamidah <i>et al.</i> , 2019; Nugroho, 2011; Eriksson, 2013; Chisenga <i>et al.</i> , 2020)
Tepung Talas	Tinggi karbohidrat, kalsium, fosfor, zat besi, potassium, dan magnesium. 63% – 85% kandungan air; 13% - 29% pati; 0,6% - 1,18% serat pangan; 1,4% - 3% protein; 0,6% - 1,3% abu; 11% dari keseluruhan protein pada talas adalah albumin dengan jumlah kandungan fenilalanin, leusin dan berbagai asam amino esensial yang tinggi.	(Arıcı <i>et al.</i> , 2020; Abera <i>et al.</i> , 2017; Temesgen, 2015)

Sebagai suatu bahan mentah, umbi-umbian sendiri memiliki berbagai kandungan mikronutrien dan makronutrien sehingga bahan umbi-umbian menjadi pilihan konsumsi masyarakat bahkan salah satu pengganti makanan pokok. Daftar kandungan makronutrien dan mikronutrien bahan mentah umbi-umbian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kandungan Makronutrien dan Mikronutrien Umbi-umbian Mentah

Nutrisi	Ubi Manis	Singkong	Talas
Ukuran Porsi (g)	100	100	100
Kalori (kcal)	86	160	112
Protein (g)	1,6	1,4	1,5
Karbohidrat Total (g)	20,1	38,1	26,5
Serat Pangan (g)	3	1,8	4,1
Gula (g)	4,2	1,7	0,4
Lemak Total (g)	0,1	0,3	0,2
Vitamin A (IU)	14185	13	76

Vitamin C (mg)	2,4	20,6	4,5
Vitamin E (mg)	0,3	0,2	2,4
Vitamin K (mcg)	1,8	1,9	1
Tiamin (mg)	0,1	0,1	0,1
Riboflavin (mg)	0,1	0	0
Niasin (mg)	0,6	0,9	0,6
Vitamin B6 (mg)	0,2	0,1	0,3
Folat (mcg)	11	27	22
Vitamin B12 (mcg)	0	0	0
Asam Pantotenik (mg)	0,8	0,1	0,3
Ca (mg)	30	16	43
Fe (mg)	0,6	0,3	0,5
Mg (mg)	25	21	33
P (mg)	47	27	84
K (mg)	337	271	591
Na (mg)	55	14	11
Zn (mg)	0,3	0,3	0,2
Cu (mg)	0,2	0,1	0,2
Mn (mg)	0,3	0,4	0,4
Se (mcg)	0,6	0,7	0,7
Lemak Jenuh (g)	0	0,1	0
Lemak <i>Monounsaturated</i> (g)	0	0,1	0
Lemak <i>Polyunsaturated</i> (g)	0	0	0,1

Sumber: www.nutritiondata.self.com

a. Serat Pangan

Berbagai penelitian telah menyatakan bahwa diet bebas gluten seringkali mengakibatkan asupan serat yang lebih rendah dibandingkan dengan makanan biasa yang mengandung gluten. Kemungkinan ini dapat terjadi karena kualitas produk makanan bebas gluten yang buruk atau rendah kandungan serat sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan serat konsumennya (Vici *et al.*, 2016).

Ubi jalar merupakan salah satu jenis umbi-umbian yang memiliki kandungan serat yang cukup tinggi. Ubi jalar segar rata-rata memiliki kandungan serat pangan sebesar 2,9 gram/100 g (Antonio *et al.*, 2011). Kandungan serat pangan dalam singkong secara signifikan lebih rendah jika dibandingkan dengan serat pada tepung terigu (Chisenga *et al.*, 2020). Sementara itu kandungan serat pangan dalam umbi talas berkisar antara 0,6 – 1,18% (Abera *et al.*, 2017) Menurut Chisenga *et al* (2020), kandungan serat pangan dalam suatu bahan pembuat tepung

dapat mempengaruhi kapasitas penyerapan air karena semakin rendah kandungan seratnya maka kapasitas penyerapan air juga rendah. Hal ini juga akan mempengaruhi hasil dari adonan roti.

b. Antioksidan

Menurut Mar'atirrosyidah & Estiasih (2015), antioksidan merupakan suatu senyawa kimia yang mampu menghambat reaksi radikal bebas dengan cara memberikan satu atau lebih elektron kepada radikal bebas. Secara sederhana, antioksidan dapat diartikan sebagai bahan atau senyawa yang mampu menghambat atau mencegah terjadinya oksidasi pada bahan yang mampu teroksidasi. Jika jumlah oksigen reaktif melebihi jumlah antioksidan dalam tubuh, oksigen reaktif tersebut akan menyerang komponen lipid, protein, maupun DNA yang dapat menyebabkan berbagai kerusakan yang disebut dengan stress oksidatif.

Ubi jalar sebagai salah satu bahan tepung bebas gluten untuk roti tawar adalah sumber antioksidan yang baik. Ubi jalar ungu memiliki kandungan antosianin yang selain berperan dalam pemberian warna ungu pada umbi, juga berperan sebagai antioksidan dengan kemampuannya menghambat peroksidasi lemak (Ginting *et al.*, 2015). Kemampuan antioksidan ubi jalar ungu ini dilaporkan lebih tinggi dibandingkan dengan ubi jalar putih, kuning, atau oranye, dan juga lebih tinggi dari biji kedelai hitam, beras hitam dan terong ungu (Ginting *et al.*, 2015). Antosianin diketahui memiliki berbagai manfaat untuk kesehatan diantaranya sebagai antimutagenik dan antikarsinogenik, mencegah gangguan fungsi hati, antihipertensi, dan antihiperlikemik (Suda *et al.*, 2003). Tingginya kandungan senyawa fenol pada ubi ungu juga berfungsi penting sebagai antioksidan (Ginting *et al.*, 2015).

Singkong sebagai salah satu jenis umbi-umbian yang mudah ditemukan di Indonesia juga memiliki kemampuan antioksidan yang baik. Menurut Yi *et al.* (2011), singkong mengandung senyawa fenolik yang berperan dalam aktivitas antioksidan sehingga singkong dapat dimanfaatkan sebagai sumber antioksidan alami atau juga bahan antioksidan sintesis alternatif. Singkong atau biasa disebut juga dengan sebutan ubi kayu dengan jenis daging

umbi berwarna putih memiliki total fenolik $48,87 \pm 0,057$ sedangkan singkong dengan daging umbi berwarna kuning memiliki total fenolik $56,43 \pm 0,174$ (Gagola *et al.*, 2014).

Tanaman talas secara morfologi terdiri dari umbi, tangkai, dan daun yang semua bagiannya terkandung senyawa antioksidan. Menurut Ramayani *et al.* (2020), aktivitas antioksidan tertinggi dalam tanaman talas terdapat pada bagian daun, diikuti umbi, dan aktivitas terendah pada tangkainya. Pada umbi talas sendiri terdapat beberapa senyawa yang memiliki kemampuan antioksidan yaitu alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, fenol, terpenoid, dan steroid (Chakraborty *et al.*, 2015).

c. Vitamin

Kasus kekurangan vitamin pada penderita *celiac disease* merupakan salah satu kasus yang banyak ditemui. Mayoritas kelompok penderita *celiac disease* yang tidak diobati di Belanda mengalami setidaknya satu, dan seringkali beberapa, kekurangan vitamin atau mineral serum (Wierdsma *et al.*, 2013). Penderita *celiac disease* paling sering ditemukan mengalami kekurangan vitamin B12, vitamin B6, vitamin A, dan vitamin D (Wierdsma *et al.*, 2013). Kekurangan vitamin yang larut di dalam air seperti vitamin B diduga terjadi karena terganggunya proses penyerapan vitamin oleh usus halus bagian proksimal yang merupakan bagian yang paling terdampak pada penderita *celiac disease* (Vici *et al.*, 2016).

Menurut Ginting *et al.* (2015), ubi jalar ungu memiliki berbagai kandungan vitamin di antaranya vitamin A dalam bentuk provitamin A dengan jumlah mencapai 9000 SI/ 100g, vitamin B1, B6, niasin dan vitamin C. Berbagai kandungan vitamin ini berperan penting untuk pemenuhan nutrisi penderita *celiac disease*.

Kandungan vitamin pada talas cukup beragam dan ditemukan pada daun dan umbinya. Umbi talas sendiri memiliki kandungan vitamin A sebesar 76 SI atau 2,5% dalam 100 gram bahan, vitamin C sebesar 4,5 mg, vitamin E sebesar 2,38 mg, dan vitamin K sebesar 1 μ g (Rashmi *et al.*, 2018). Selain itu juga terdapat beberapa mikronutrisi berupa vitamin seperti riboflavin

atau yang dikenal dengan vitamin B2 sebesar 0,025 mg, tiamin atau vitamin B1 sebesar 0,095 mg, niasin atau vitamin B3 sebesar 0,600 mg (Rashmi *et al.*, 2018).

d. Makronutrien

Penderita dengan *celiac disease* umumnya mengalami kekurangan asupan energi dan juga makronutrien karena kemungkinan kebanyakan penderita seliak hanya berfokus untuk menghindari kandungan gluten dalam makanan yang dikonsumsi tanpa memperhatikan kandungan nutrisinya (Shepherd & Gibson, 2013).

Tepung bebas gluten dengan bahan umbi-umbian merupakan sumber karbohidrat yang baik karena kandungan karbohidratnya yang tinggi. Dalam ubi jalar segar rata-rata mengandung karbohidrat sebesar 33,5 g/100 g bahan (ANTONIO *et al.*, 2011). Kandungan karbohidrat dalam singkong sebesar 83,8% (Hamidah *et al.*, 2019). Sementara itu menurut Arıcı *et al* (2020), umbi talas merupakan sumber karbohidrat seperti pati resisten. Berbicara mengenai karbohidrat tentunya tidak terlepas dari dua aspek yaitu indeks glikemik dan juga beban glikemik dalam makanan yang mengandung karbohidrat. Menurut Shepherd & Gibson (2013), terjadi peningkatan resiko obesitas pada penderita *celiac disease* yang melakukan diet bebas gluten karena tingginya indeks glikemik dalam makanan bebas gluten. Ditinjau dari kandungan proteinnya, bahan dari umbi-umbian tergolong rendah kandungan protein. Menurut Vici *et al* (2016), umumnya sumber protein untuk makanan bebas gluten adalah dari bahan hewani atau dari beberapa jenis sereal. Ubi ungu mengandung 1,8 gram protein dalam 100 gram bahan (Rahayu Paramitha & Siti Fathonah, 2012). Singkong hanya mengandung 1% protein (Hamidah *et al.*, 2019). Sementara itu umbi talas mengandung 1,4 % - 3 % protein (Abera *et al.*, 2017). Jika dibandingkan dengan tepung terigu, terdapat perbedaan kandungan protein yang cukup signifikan. Menurut Chisenga *et al* (2020), protein tepung terigu mengandung sekitar 85 % gluten protein yang terdiri dari gliadin dan glutenin.

3.1.2. Karakteristik Fisik Tepung Umbi-umbian

Umbi-umbian telah banyak dimanfaatkan menjadi bahan baku produk makanan tertentu dengan terlebih dahulu diolah menjadi tepung. Selain memperbaiki umur simpan, penggunaan tepung dari umbi-umbian juga memiliki banyak manfaat. Pertimbangan penggunaan tepung dan hasil produk olahan dari tepung umbi-umbian dipengaruhi oleh beberapa karakteristik fisik masing-masing tepung. Umbi-umbian yang dianalisa karakter fisiknya adalah ubi ungu, singkong, dan talas dengan beberapa karakteristik fisik yang dianalisa yaitu *Water Absorption Capacity*, kelembaban, *bulk density*, dan karakteristik *pasting*. Karakteristik fisik tepung umbi-umbian berupa *Water Absorption Capacity*, kelembaban, dan *bulk density* dapat dilihat pada Tabel 5. Sementara itu karakteristik *pasting* tepung umbi-umbian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. *Water Absorption Capacity*, Kelembaban, dan Bulk Density Tepung Umbi-umbian

Jenis Tepung	WAC (%)	MO (%)	<i>Bulk Density</i> (g/ml)	Referensi
Ubi Ungu	296,64	-	-	(Nindyarani <i>et al.</i> , 2011)
Ubi Ungu	222,86 ± 4,86	6,76 ± 0,06	-	(Yuliana <i>et al.</i> , 2018)
Ubi Ungu	-	6,85 ± 0,11	0,63±0,04	(Ulfa <i>et al.</i> , 2019)
Singkong	145 ± 15	12,93 ± 0,50	0,62 ± 0,04	(Akintayo <i>et al.</i> , 2020)
Singkong	151,97	10,30	-	(Eriksson, 2013)
Talas	310 ± 6	-	0,89 ± 0,02	(Kumar <i>et al.</i> , 2017)
Talas	-	12,02 ± 0,30	-	(Arıcı <i>et al.</i> , 2016)
Talas	270,84 ± 5,84	-	-	(Y. N. Njintang <i>et al.</i> , 2007)
Talas	244,70 ± 1,90	10,20 ± 0,61	-	(Kaushal <i>et al.</i> , 2012)
Talas	372 ± 7,21	9,24 ± 0,22	0,73 ± 0,02	(Kumar <i>et al.</i> , 2015)

Keterangan:

WAC : *Water Absorption Capacity* (Daya Serap Air)

MO : Kelembaban

(-) : Data tidak tersedia

Pada Tabel 5. tertulis data kapasitas penyerapan air (*Water Absorption Capacity*), kelembaban tepung, dan nilai *bulk density* dari tiga jenis tepung umbi-umbian yang didapatkan dari berbagai hasil penelitian. Berdasarkan data pada Tabel 5., diketahui bahwa kapasitas penyerapan air (*Water Absorption Capacity*) yang dimiliki tepung ubi ungu, singkong, dan talas berkisar antara 145 – 372 %. Kapasitas penyerapan air tertinggi dimiliki

oleh tepung talas dengan nilai 372 ± 7.21 % (Kumar *et al.*, 2015). Sementara itu kapasitas penyerapan air terendah dimiliki oleh tepung singkong dengan nilai 145 ± 15 % (Akintayo *et al.*, 2020). Jika dibandingkan di antara tepung ubi ungu, singkong, dan talas, tepung yang memiliki kapasitas penyerapan air terbaik hingga terburuk berturut-turut adalah tepung talas, tepung ubi ungu, dan tepung singkong. Menurut Kumar *et al.* (2015), kapasitas penyerapan air pada tepung merupakan salah satu aspek penting dalam proses pembuatan roti karena akan berpengaruh pada hasil roti terutama pada konsistensi adonan. Nilai kapasitas penyerapan air pada tepung dipengaruhi oleh beberapa hal seperti kandungan *damaged starch* dan pentosan pada tepung (Fu *et al.*, 2017). Pernyataan tersebut selaras dengan Akintayo *et al.* (2020), yang menyatakan bahwa tingginya kapasitas penyerapan air pada tepung dapat disebabkan oleh tingginya kandungan pati pada bahan tepung sehingga terdapat lebih banyak komponen hidrofilik pada bahan yang dapat mengikat molekul air. Sementara itu, tepung singkong merupakan tepung umbi-umbian yang memiliki nilai kelembaban tertinggi dengan nilai 12.93 ± 0.5 % (Akintayo *et al.*, 2020), dan tepung ubi ungu memiliki nilai kelembaban terendah dengan nilai $6,76 \pm 0,06$ % (Yuliana *et al.*, 2018).

Nilai *bulk density* tepung umbi-umbian berdasarkan pada Tabel 5., berkisar antara 0,62 – 0,89 g/ml. Nilai *bulk density* tertinggi dimiliki oleh tepung talas dengan nilai 0.89 ± 0.02 g/ml (Kumar *et al.*, 2017) dan nilai *bulk density* terendah dimiliki oleh tepung singkong dengan nilai 0.62 ± 0.04 g/ml (Akintayo *et al.*, 2020). *Bulk density* pada tepung dapat mempengaruhi pengembangan adonan (Akintayo *et al.*, 2020). Nilai *bulk density* yang tinggi meningkatkan laju dispersi yang berperan penting dalam rekonstitusi tepung dalam air untuk membentuk adonan (Kehinde AT, 2013). Nilai *bulk density* dapat dikaitkan dengan kepadatan tepung. Semakin tinggi nilai *bulk density* maka semakin tinggi juga kepadatan tepung tersebut dan apabila dikemas, tepung dengan *bulk density* tinggi menempati lebih sedikit ruang dalam pengemas (Kumar *et al.*, 2015).

Tabel 6. Karakteristik *Pasting* Tepung Umbi-umbian

Jenis Tepung	Karakteristik <i>Pasting</i>						Referensi
	PT (°C)	PV (cP)	TV (cP)	FV (cP)	BV (cP)	SV (cP)	
Talas	93,60 ± 0,58	1946 ± 1,53	1744 ± 0,58	1231 ± 1	200 ± 1,53	487 ± 1	(Kaushal <i>et al.</i> , 2012)
Talas	-	(\bar{X})	(\bar{X})	(\bar{X})	(\bar{X})	(\bar{X})	(Kumar <i>et al.</i> , 2017)
		1923 ± 10,80	1639,50 ± 10,40	2197,70 ± 12	283,40 ± 3,10	550,20 ± 3,30	
Talas	(\bar{X})	(\bar{X})	(\bar{X})	(\bar{X})	(\bar{X})	(\bar{X})	(Arıcı <i>et al.</i> , 2016)
	72,59 ± 1,45	3393,40 ± 146,10	1786,50 ± 50,10	2747 ± 85,10	1606,50 ± 101,20	960,40 ± 37	
Ubi Ungu	76,10 ± 0,50	5326 ± 41	2639 ± 27	3327 ± 14	2686 ± 60	687 ± 24	(Guo <i>et al.</i> , 2019)
Ubi Ungu	79,70 ± 0,10	2535 ± 16	1517 ± 4	1991 ± 1	1018 ± 11	474 ± 6	(Zhang <i>et al.</i> , 2018)
Ubi Ungu	(\bar{X})	(\bar{X})	(\bar{X})	(\bar{X})	(\bar{X})	(\bar{X})	(Ruttarattanamongkol <i>et al.</i> , 2016)
	81,95 ± 0,44	585,50 ± 0,35	371,50 ± 0,70	511,5 ± 0,75	214 ± 0,55	141 ± 0,50	
Singkong	64,63	350,58	121,56	159,39	210,24	37,83	(Alamu <i>et al.</i> , 2017)
Singkong	65,90 ± 0,50	4994 ± 239	1651 ± 25	2407 ± 18	3343 ± 216	756 ± 34	(Y. Zhang <i>et al.</i> , 2020)
Singkong	50,20	400,20	163,20	347,40	237	181,80	(Iwe & Agiriga, 2014)

Keterangan:

PT : *Pasting Temperature*BV : *Breakdown Viscosity*PV : *Peak Viscosity*SV : *Setback Viscosity*TV : *Trough Viscosity*

(-) : Data tidak tersedia

FV : *Final Viscosity*(\bar{X}) : Nilai rata-rata dari beberapa perlakuan

Pada Tabel 6., tertulis data karakteristik *pasting* dari tepung ubi ungu, tepung singkong, dan tepung talas dari berbagai penelitian. Beberapa karakteristik *pasting* dari tepung umbi-umbian yang dianalisis oleh berbagai penelitian di Tabel 6., antara lain: suhu *Pasting*, *Peak Viscosity*, *Trough Viscosity*, *Final Viscosity*, *Breakdown Viscosity*, dan *Setback Viscosity*. Hasil penelitian dari Kumar *et al.* (2017); Arıcı *et al.* (2016); dan Ruttarattanamongkol *et al.* (2016) yang tertulis pada Tabel 6. merupakan hasil rata-rata nilai dari beberapa perlakuan yang dilakukan di dalam penelitian tersebut. Beberapa perlakuan yang dilakukan adalah: media pemasakan (air, larutan lemon, uap), waktu pemasakan, dan suhu pengeringan. Nilai suhu *pasting* atau *pasting temperature* dari ketiga jenis umbi-umbian yang terdapat pada Tabel 6., berkisar antara 50 – 93 °C. Dari ketiga jenis umbi tersebut, umbi yang memiliki *pasting temperature* terendah adalah umbi singkong. *Pasting temperature* menyediakan indikasi suhu minimum yang diperlukan untuk memasak tepung (Kaushal *et al.*, 2012). Dengan kata lain, tepung singkong memerlukan suhu pemasakan yang lebih rendah untuk dapat membuat granulanya mulai mengembang. Sementara itu, berdasarkan data pada Tabel 6., nilai *peak viscosity* tepung umbi-umbian berkisar antara 350 – 5326 cP. Nilai *peak viscosity* terendah dimiliki oleh tepung singkong dengan nilai 350,58 cP dan nilai *peak viscosity* tertinggi dimiliki oleh tepung ubi ungu dengan nilai 5326 ± 41 cP. *Peak viscosity* terjadi ketika terdapat pembengkakan granula dalam jumlah yang cukup dan terjadi peningkatan viskositas pada tepung (Kaushal *et al.*, 2012).

Trough viscosity merupakan nilai yang mengindikasikan kemampuan pasta tepung untuk menahan kerusakan atau penurunan viskositas selama proses pendinginan (Kumar *et al.*, 2017). Berdasarkan data pada Tabel 6., diketahui bahwa nilai *trough viscosity* tertinggi dimiliki oleh tepung ubi ungu dengan nilai 2639 ± 27 cP dan nilai *trough viscosity* terendah dimiliki oleh tepung singkong dengan nilai 121,56 cP. Hal ini menunjukkan bahwa tepung ubi ungu memiliki kemampuan yang lebih baik untuk menahan penurunan viskositas selama proses pendinginan dibandingkan dengan tepung singkong dan talas. *Final viscosity* menunjukkan kemampuan bahan untuk membentuk suatu pasta yang kental (Kumar *et al.*, 2017). Menurut Kaushal *et al.* (2012), *final viscosity* sangat dipengaruhi oleh retrogradasi amilosa terlarut saat proses pendinginan. Semakin banyak kandungan amilosa dalam tepung,

akan semakin tinggi juga nilai *final viscosity* (Kumar *et al.*, 2015). Dari ketiga jenis tepung umbi-umbian, tepung dari ubi ungu memiliki kemampuan membentuk pasta kental terbaik berdasarkan data pada Tabel 6., dengan nilai *final viscosity* sebesar 3327 ± 14 cP. Sementara itu, tepung singkong memiliki nilai *final viscosity* terendah dengan nilai 159,39 cP.

Nilai *breakdown viscosity* mengindikasikan stabilitas gel pati selama proses pemasakan. Semakin rendah nilai *breakdown viscosity* artinya pasta tepung semakin memiliki stabilitas yang baik atau dengan kata lain tidak mudah mengalami perubahan viskositas (Kumar *et al.*, 2017). Berdasarkan data pada Tabel 6., tepung dengan nilai *breakdown viscosity* terendah adalah tepung talas dengan nilai $200 \pm 1,527$ cP. Sementara itu, tepung singkong memiliki nilai *breakdown viscosity* tertinggi dengan nilai 3343 ± 216 cP. Artinya pasta dari tepung talas lebih stabil saat proses pemasakan dan tidak mudah mengalami penurunan viskositas, sebaliknya pasta dari tepung singkong paling tidak stabil. *Setback viscosity* tertinggi dari ketiga jenis tepung berdasarkan data pada Tabel 6., adalah pada tepung talas dengan nilai $960,4 \pm 37$ cP dan nilai terendah dimiliki oleh tepung singkong dengan nilai 37,83 cP. Menurut Kumar *et al.* (2017) dan Kaushal *et al.* (2012), nilai *setback viscosity* menunjukkan terjadinya retrogradasi pada granula pati pada proses pendinginan. Sehingga tepung singkong memiliki kemungkinan paling kecil untuk terjadi retrogradasi.

3.2. Roti Tawar dengan Bahan Dasar Tepung Umbi-umbian

3.2.1. Karakteristik Fisik Roti Tawar dengan Bahan Dasar Tepung Umbi-umbian

Penggunaan tepung dari umbi-umbian sebagai bahan dasar pembuatan roti tawar memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap hasil akhir roti khususnya karakteristik fisik dari roti tawar. Hal ini tidak terlepas dari karakteristik masing-masing tepung dan juga berbagai kandungan yang terdapat dalam bahan umbi-umbian yang dipakai. Beberapa jenis tepung yang dibahas dalam pembuatan roti tawar kali ini adalah tepung ubi ungu, singkong, dan talas yang diaplikasikan dalam beberapa presentase yang berbeda. Beberapa penelitian telah memperoleh hasil mengenai pengaruh penggunaan tepung dari umbi-umbian terhadap karakteristik fisik roti tawar bebas gluten. Dalam prosesnya,

formulasi bahan yang digunakan dalam pembuatan roti tawar bebas gluten ini cukup beragam mulai dari presentase tepung yang berbeda, serta penggunaan bahan tambahan untuk meningkatkan kualitas produk. Beberapa bahan tambahan yang digunakan dalam beberapa penelitian untuk meningkatkan kualitas produk akhir roti tawar bebas gluten antara lain: *dough enhancer*, *Hemicellulose enzyme*, iZyme BA, dan penambahan jenis tepung lain dalam persentase tertentu. (Hathorn *et al.*, 2008; Zaharami *et al.*, 2021; Calle *et al.*, 2020; Nwosu *et al.*, 2014).

Penggunaan tepung umbi-umbian sebagai pengganti tepung terigu membuat tidak adanya kandungan gluten dalam bahan, padahal salah satu peran gluten adalah membuat roti lebih mengembang. Derajat pengembangan ukuran roti ini dilihat dari nilai volume spesifik roti yang merupakan volume per satuan berat roti. Semakin besar nilai volume spesifiknya menggambarkan semakin baik pengembangan rotinya (Parwiyanti *et al.*, 2019). Nilai volume spesifik produk roti yang dibuat dengan bahan tepung dari umbi-umbian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Volume Spesifik Produk Roti Tawar Tepung Umbi-umbian

No	Jenis Tepung	Kadar Tepung Umbi (%)	BTP	Volume Spesifik (ml/g)	Referensi
1.	Ubi	50	<i>Dough Enhancer</i>	1,7	(Hathorn <i>et al.</i> , 2008)
2.	Ubi Ungu	25	<i>Hemicellulose enzyme</i>	1,59	(Zaharami <i>et al.</i> , 2021)
3.	Ubi Ungu	50	-	1.3 ± 0.1	(Liu <i>et al.</i> , 2019)
4.	Talas	12	-	4,24 ± 0,27	(Hyacinthe <i>et al.</i> , 2018)
5.	Talas	3,15	-	2,54	(Arici <i>et al.</i> , 2020)
6.	Talas	100	iZyme BA	2,71 ± 0,13	(Calle <i>et al.</i> , 2020)
7.	Singkong	100	-	3,81 ± 0.05	(Akintayo <i>et al.</i> , 2020)
8.	Singkong	100	-	2,24	(Pasqualone <i>et al.</i> , 2010)
9.	Singkong	30	-	3,18	(Eriksson, 2013)
10.	Singkong	50	Tepung Kedelai	2,35	(Nwosu <i>et al.</i> , 2014)
11.	Singkong	20	-	2,08 ± 0,11	(Sigüenza <i>et al.</i> , 2021)

Keterangan:

BTP : Bahan Tambahan Pangan (-) : Data tidak tersedia

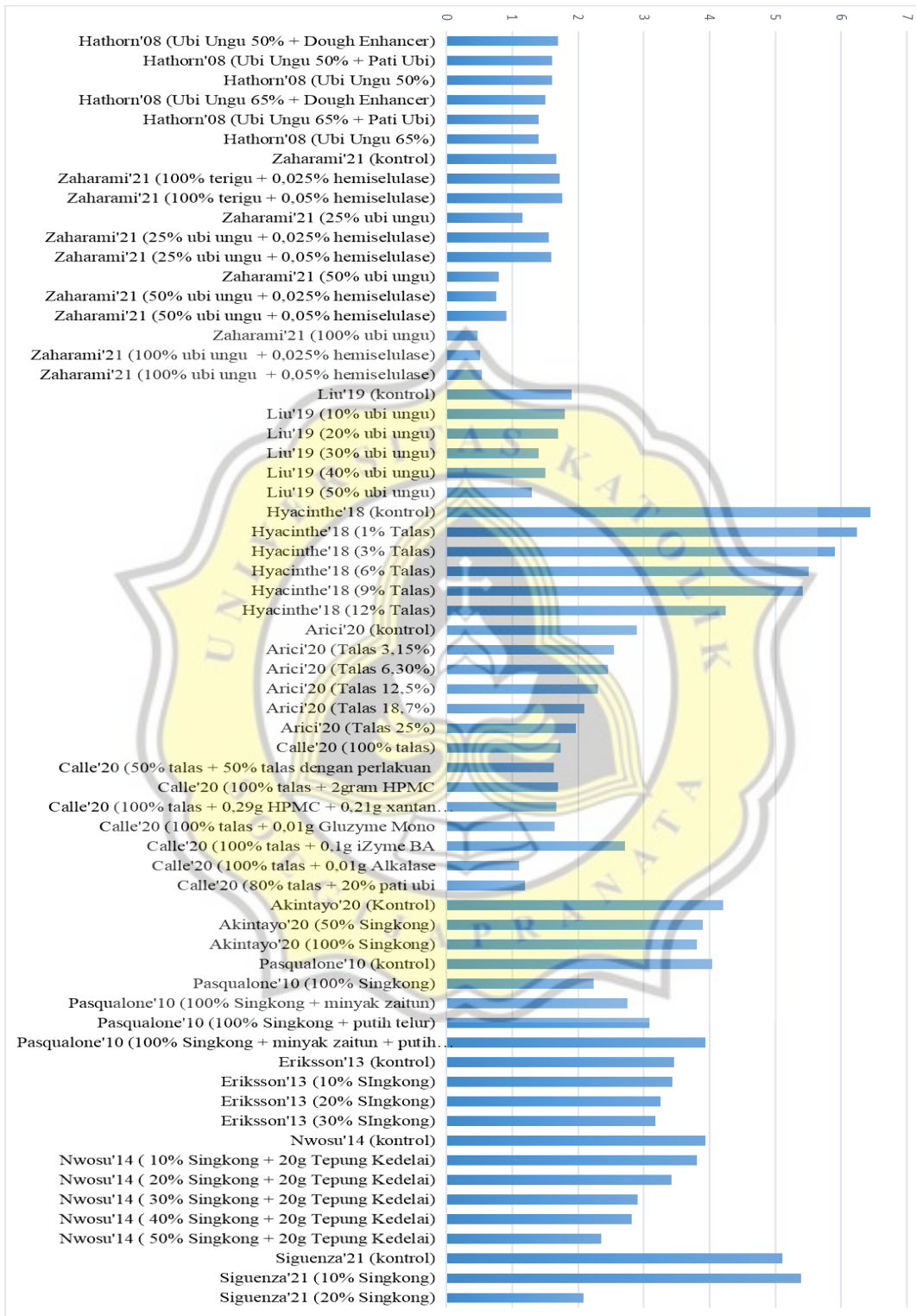
Pada Tabel 7., tertulis data nilai volume spesifik dari produk roti tawar bebas gluten yang dibuat dengan tiga jenis tepung umbi-umbian yaitu tepung ubi ungu, tepung talas, dan tepung singkong dari beberapa penelitian. Formulasi tepung umbi-umbian yang digunakan sebagai bahan pembuat roti tawar berbeda-beda dan terdapat pula penelitian yang menggunakan bahan tambahan untuk meningkatkan kualitas produk. Penelitian yang menggunakan 100% bahan tepung umbi adalah penelitian dengan menggunakan tepung talas dan tepung singkong (Calle *et al.*, 2020; Akintayo *et al.*, 2020; Pasqualone *et al.*, 2010). Sementara itu beberapa bahan yang ditambahkan untuk meningkatkan kualitas produk roti tawar adalah: *dough enhancer*, *Hemicellulase enzyme*, *iZyme BA*, dan kedelai (Hathorn *et al.*, 2008; Zaharami *et al.*, 2021; Calle *et al.*, 2020; Nwosu *et al.*, 2014).

Pada penelitian dengan bahan 100% tepung talas dengan tambahan *iZyme BA* yang dilakukan oleh Calle *et al.* (2020) dan penelitian dengan bahan 100% tepung singkong yang dilakukan oleh Pasqualone *et al.* (2010) didapatkan hasil nilai volume spesifik yaitu $2,71 \pm 0,13$ ml/g untuk bahan 100% tepung talas dengan penambahan *iZyme BA* dan $2,24$ ml/g untuk nilai volume spesifik roti berbahan 100% tepung singkong yang dilakukan oleh Pasqualone *et al.* (2010). Penelitian dengan bahan 100% tepung umbi-umbian dengan hasil nilai volume spesifik tertinggi adalah penelitian dengan bahan 100% tepung singkong yang dilakukan oleh Akintayo *et al.* (2020) dengan hasil nilai volume spesifik sebesar 3.81 ± 0.05 ml/g. Sementara itu, nilai volume spesifik roti tertinggi dimiliki oleh roti dengan bahan 12% tepung talas dengan nilai $4,24 \pm 0,27$ ml/g (Hyacinthe *et al.*, 2018). Nilai volume spesifik terendah dimiliki oleh roti tawar yang dibuat dengan bahan 50% tepung ubi ungu tanpa penambahan Bahan Tambahan Pangan (BTP) dengan nilai 1.3 ± 0.1 ml/g (Liu *et al.*, 2019). Nilai volume spesifik roti tawar yang dibuat dengan bahan tepung umbi-umbian tanpa penambahan BTP berkisar antara $1,3 - 4,24$ ml/g. Hasil nilai volume spesifik roti tawar dari tepung umbi-umbian tanpa BTP ini sangat dipengaruhi oleh jumlah tepung umbi yang digunakan. Semakin tinggi persentase tepung umbi-umbian yang digunakan, maka kandungan gluten pada adonan juga akan semakin berkurang, padahal gluten memiliki peran dalam pengembangan viskoelastis selama pembuatan roti yang memungkinkan terperangkapnya karbondioksida dan meningkatkan volume roti (Akintayo *et al.*, 2020). Selain itu, menurut Liu *et al.* (2019),

penambahan tepung umbi-umbian dalam pembuatan roti dapat berakibat pada terhambatnya pembentukan jaringan gluten dan menurunnya kemampuan menahan gas pada adonan sehingga volume roti menjadi lebih kecil.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hathorn *et al.* (2008), dengan bahan 50% tepung ubi yang ditambahkan *dough enhancer* didapatkan hasil nilai volume spesifik roti sebesar 1,7ml/g. Formulasi *dough enhancer* yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari gluten (122g/100g), susu kering (42g/100g), pektin (32g/100g), asam askorbat (42g/100g), kayu manis (16g/100g), gelatin (30g/100g), dan lesitin (28g/100g). Berdasarkan penelitian, didapatkan hasil bahwa roti dengan penambahan *dough enhancer* memiliki nilai volume spesifik yang lebih tinggi dibandingkan dengan roti tanpa *dough enhancer*. Penambahan tepung ubi yang semakin tinggi juga membuat volume roti semakin mengecil. Hal ini dikarenakan protein yang terdapat pada ubi adalah sporamin dan bukan gluten (Hathorn *et al.*, 2008).

Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Zaharami *et al.* (2021), dengan bahan 25% tepung ubi ungu yang ditambahkan 0,05% *hemicellulase enzyme* didapatkan hasil nilai volume spesifik roti sebesar 1,59 ml/g. Penambahan tepung ubi ungu berakibat pada penurunan volume spesifik dari roti, sementara itu penggunaan *hemicellulase enzyme* terbukti dapat meningkatkan nilai volume spesifik roti. Penelitian yang dilakukan oleh Nwosu *et al.* (2014) dengan bahan 50% tepung singkong dengan penambahan 20 g tepung kedelai mendapatkan hasil volume spesifik sebesar 2,35 ml/g. Dari keseluruhan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kandungan tepung umbi yang digunakan, menyebabkan nilai volume spesifik roti akan semakin kecil dikarenakan menurunnya kandungan gluten dalam adonan (Zaharami *et al.*, 2021). Perbandingan nilai volume spesifik roti tawar berbahan tepung umbi-umbian dan tepung terigu dari berbagai penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan Volume Spesifik Roti Tawar Tepung Umbi dan Tepung Terigu (Kontrol)

Hasil perbandingan data yang didapatkan dari berbagai penelitian menunjukkan bahwa semakin besar persentase tepung umbi yang digunakan, semakin kecil nilai volume spesifik yang didapatkan. Hal ini dapat terjadi dikarenakan semakin tinggi kadar tepung umbi yang digunakan artinya akan semakin rendah kandungan gluten dalam adonan roti sehingga akhirnya berpengaruh terhadap pengembangan adonan dan hasil produk akhir roti. Dalam memperbaiki kualitas produk akhir roti, beberapa penelitian menambahkan bahan tambahan pangan lainnya seperti *dough enhancer*, *Hemicellulase enzyme*, *iZyme BA*, dan kedelai (Hathorn *et al.*, 2008; Zaharami *et al.*, 2021; Calle *et al.*, 2020; Nwosu *et al.*, 2014).

Berdasarkan Gambar 6, dapat terlihat bahwa penggunaan bahan tambahan pangan dalam formulasi adonan roti cukup berpengaruh terhadap nilai volume spesifik roti. Pada penelitian yang dilakukan oleh Hathorn *et al.* (2008) dengan bahan tepung ubi ungu didapatkan hasil bahwa penambahan *dough enhancer* terbukti dapat membuat volume spesifik roti tawar menjadi lebih besar jika dibandingkan dengan roti ubi ungu tanpa penambahan *dough enhancer*. Hal serupa juga didapatkan pada penelitian yang dilakukan oleh Zaharami *et al.* (2021) yang membuktikan bahwa semakin tinggi persentase penggunaan enzim hemiselulase pada formulasi roti ubi ungu, nilai volume spesifik roti juga akan semakin tinggi. Bahan tambahan dalam formulasi roti juga terbukti mempengaruhi nilai volume spesifik pada penelitian Pasqualone *et al.* (2010) dengan hasil volume spesifik terbesar adalah roti dengan formulasi 100% tepung singkong ditambah 6 g minyak zaitun dan 40 g putih telur. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Nwosu *et al.* (2014) memperlihatkan hasil bahwa penambahan tepung kedelai tidak berpengaruh terhadap nilai volume spesifik roti tawar berbahan tepung singkong dan volume spesifik roti tetap menurun seiring penambahan tepung singkong.

Tabel 8. Kualitas Warna Roti Tawar Dengan Tepung Umbi-Umbian.

No	Jenis Tepung	Kadar Tepung Umbi (%)	BTP	Bread Crust			Bread Crumb			Referensi
				L*	a*	b*	L*	a*	b*	
1.	Ubi ungu	100	-	43,30 ± 2,03	15,33 ± 0,30	25,71 ± 1,67	65,13 ± 0,81	7,08 ± 0,19	0,72 ± 0,17	Santiago <i>et al.</i> , 2015
2.	Ubi Ungu	50	-	-	-	-	61,42 ± 0,20	8,96 ± 0,10	29,93 ± 0,40	Hathorn <i>et al.</i> , 2008
4.	Ubi Ungu	25	Hemicellulase enzyme	45,62 ± 0,29	16,14 ± 0,18	20,43 ± 0,02	44,33 ± 0,72	17,08 ± 0,44	21,12 ± 0,32	Zaharami <i>et al.</i> , 2021
5.	Ubi Ungu	50	-	64 ± 0,80	16,90 ± 0,40	4,70 ± 1,10	-	-	-	Liu <i>et al.</i> , 2019
6.	Talas	12,5	-	63,18 ± 2,11	12,60 ± 1,89	23,27 ± 1,50	-	-	-	Arici <i>et al.</i> , 2020
7.	Talas	100	iZyme BA	-	-	-	57,21 ± 0,80	5,92 ± 0,49	20,70 ± 0,52	Calle <i>et al.</i> , 2020
8.	Singkong (Mweru)	30	-	59,00 ± 0,1	14,00 ± 0,1	38,00 ± 0,1	75,60 ± 0,5	0,40 ± 0,10	22,00 ± 0,10	Chisenga <i>et al.</i> , 2020
9.	Singkong (Kampolombu)	30	-	55,00 ± 1,00	16,00 ± 1,00	38,00 ± 0,30	74,00 ± 0,50	0,60 ± 0,10	21,00 ± 0,10	Chisenga <i>et al.</i> , 2020
10	Singkong	100	-	59,33 ± 2,60	10,37 ± 0,89	26,41 ± 1,10	-	-	-	Akintayo <i>et al.</i> , 2020

Keterangan:

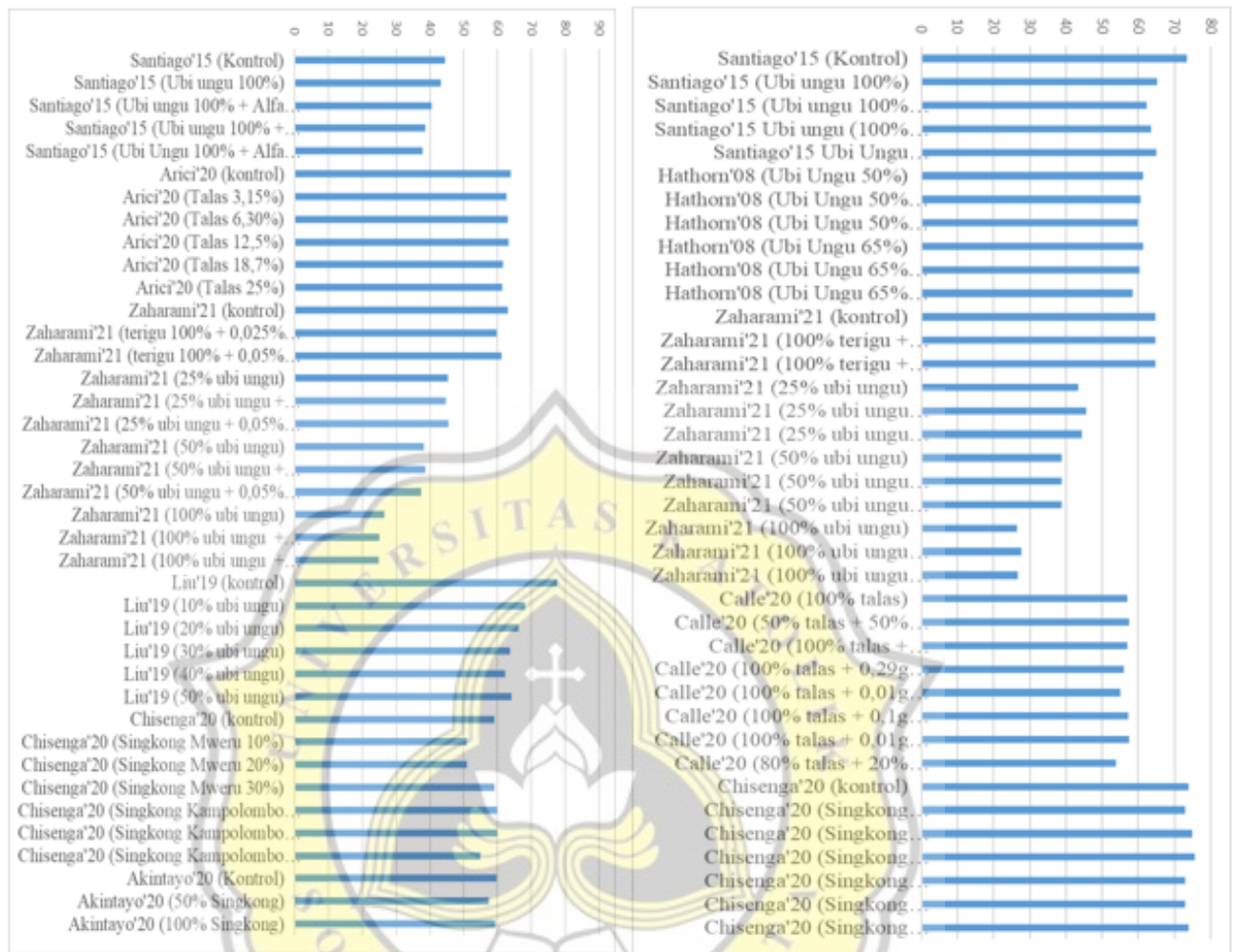
BTP : Bahan Tambahan Pangan

(-) : Data tidak tersedia

Pada Tabel 8., tertulis data kualitas warna *bread crust* dan *bread crumb* produk roti bebas gluten dari tepung ubi-umbian. Nilai L^* menunjukkan tingkat kecerahan warna atau *lightness* dengan nilai L^* yang semakin tinggi berarti warna semakin cerah, begitu juga sebaliknya. Sementara itu, nilai a^* mendeskripsikan jenis warna hijau-merah. Semakin tinggi nilai a^* mengindikasikan warna merah dan nilai a^* yang kecil atau bahkan negatif mengindikasikan warna hijau. Nilai b^* mendeskripsikan jenis warna biru-kuning dengan nilai b^* negatif mengindikasikan warna biru dan b^* positif mengindikasikan warna kuning (Sinaga, 2019).

Berdasarkan data dari beberapa penelitian yang tertulis pada Tabel 8., didapatkan hasil bahwa dari ketiga produk roti yang dibuat dengan tiga jenis tepung yang berbeda, *bread crust* dengan tingkat kecerahan paling rendah adalah roti tawar yang dibuat dengan bahan tepung ubi ungu. Perubahan warna dapat dikaitkan dengan meningkatnya konsentrasi gula pereduksi seperti glukosa, fruktosa, dan maltosa yang berperan dalam reaksi *maillard* (Santiago *et al.*, 2015). Menurut Zaharami *et al.* (2021), yang melakukan penelitian menggunakan bahan tepung ubi ungu yang ditambahkan enzim hemiselulase pada pembuatan roti tawar, didapatkan hasil bahwa interaksi antara konsentrasi hemiselulase yang ditambahkan dan rasio tepung ubi ungu dan terigu tidak mempengaruhi indeks warna *bread crust*. Sementara itu hasil pengukuran warna pada *bread crumb* roti tawar yang dibuat dengan bahan ubi ungu menunjukkan hasil warna cenderung berwarna ungu terang. Penambahan tepung ubi ungu mempengaruhi perubahan warna *bread crumb* dari putih menjadi ungu yang disebabkan oleh pigmen antosianin pada ubi ungu (Zaharami *et al.*, 2021).

Perbandingan tingkat kecerahan (L^*) *bread crust* dan *bread crumb* pada roti tawar tepung ubi dan tepung terigu dari berbagai penelitian dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan Tingkat Kecerahan *Bread Crust* (Kiri) dan *Bread Crumb* (Kanan) pada Roti Tepung Ubi dan Tepung Terigu (Kontrol)

Gambar 7 menunjukkan hasil yang berbeda-beda pada masing-masing bahan umbi-umbian. Dari tiga bahan umbi yang digunakan yaitu ubi ungu, singkong, dan talas, didapatkan hasil roti yang memiliki tingkat kecerahan paling rendah adalah roti tawar yang dibuat dengan bahan tepung ubi ungu. Ubi ungu yang digunakan untuk membuat roti tawar mengubah karakter warna roti tawar khususnya *bread crumb* dari putih menjadi ungu. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan pigmen warna antosianin yang secara alami terkandung dalam ubi ungu.

3.2.2. Kandungan Nutrisi Roti Tawar dengan Bahan Dasar Tepung Umbi-umbian

Tabel 9. Kandungan Makronutrien, Pati Resisten, dan Serat Pangan Roti Tawar dengan Bahan Tepung Umbi-umbian

No.	Jenis Tepung	Tepung Umbi (%)	Makronutrien			Pati Resisten (g/100g)	Serat (g/100g)	Referensi
			Karbohidrat (%)	Protein (%)	Lemak (%)			
1.	Ubi Ungu	20	53,43	10,06	4,74	-	2,34	(AP Teixeira <i>et al.</i> , 2013)
2.	Ubi Ungu	30	46,80 ± 16,17	14,35 ± 1,6	1,56 ± 0,06	-	3,88 ± 4,20	(Irmawati <i>et al.</i> , 2018)
3.	Talas	25	-	-	-	1,72 ± 0,04	7,43 ± 0,25	(Aricı <i>et al.</i> , 2020)
4.	Talas	20	79,62	7,11	-	-	2,20	(Ammar <i>et al.</i> , 2009)
5.	Singkong	100	41,77 ± 0,20	11,44 ± 0,20	-	-	1,33 ± 0,02	(Akintayo <i>et al.</i> , 2020)
6.	Singkong	40	47,87 ± 0,77	11,18 ± 0,80	-	-	-	(Eleazu <i>et al.</i> , 2014)
7.	Singkong	40	53,29	3,74	2,14	-	8,05	(Olunlade & Adeola, 2013)

Keterangan:

(-) : Data tidak tersedia

Pada Tabel 9, tertulis data kandungan nutrisi produk akhir roti tawar yang dibuat dengan berbagai tepung umbi-umbian dari beberapa penelitian. Kandungan nutrisi yang dianalisa adalah kandungan makronutrien yaitu karbohidrat, protein, dan lemak, serta kandungan serat dan pati resisten. Dilihat dari kandungan karbohidrat, roti tawar yang dibuat dengan tepung umbi-umbian memberikan hasil kandungan karbohidrat yang cukup tinggi. Berdasarkan data pada Tabel 9, roti dengan kandungan karbohidrat tertinggi adalah roti yang dibuat dengan bahan 20% tepung talas dengan kandungan karbohidrat 79,62% (Ammar *et al.*, 2009). Sementara itu, roti tawar dengan kandungan karbohidrat terendah adalah roti yang dibuat dengan bahan 100% tepung singkong (Akintayo *et al.*, 2020).

Dilihat dari kandungan protein, berbagai penelitian pada Tabel 9 menunjukkan hasil kandungan protein pada roti umbi-umbian yang berbeda-beda dengan kisaran 3,74 – 14,35%. Berdasarkan data pada Tabel 9., diketahui roti tawar umbi-umbian yang memiliki kandungan protein tertinggi adalah roti tawar yang dibuat dengan bahan 30% tepung ubi ungu dengan kandungan protein 14,35% (Irmawati *et al.*, 2018). Sementara itu roti tawar dengan kandungan protein terendah adalah roti tawar yang dibuat dengan bahan 40% tepung singkong dengan kandungan protein 3,74% (Olunlade & Adeola, 2013).

Terdapat tiga penelitian yang menunjukkan hasil kandungan lemak pada roti tawar umbi-umbian yaitu penelitian yang menggunakan bahan tepung ubi ungu dan tepung singkong (AP Teixeira *et al.*, 2013; Irmawati *et al.*, 2018; Olunlade & Adeola, 2013). Sementara itu penelitian yang lainnya tidak menunjukkan data kandungan lemak pada roti tawar umbi-umbian atau data yang diperoleh dalam penelitian berada di bawah *level of detection* yaitu batas terendah data dapat terdeteksi. Hal ini dapat terjadi karena rendahnya kandungan lemak pada bahan umbi-umbian itu sendiri. Kandungan lemak pada roti tawar tepung umbi-umbian berkisar antara 1,56 - 4,74%, dengan kandungan lemak tertinggi terdapat pada roti tawar yang dibuat dengan bahan 20% tepung ubi ungu (AP Teixeira *et al.*, 2013).

Penggunaan tepung dari umbi-umbian juga berpengaruh terhadap kandungan serat yang terdapat dalam roti tawar. Hal ini juga dapat dipengaruhi oleh kandungan serat dalam bahan umbi-umbian itu sendiri. Kandungan serat pada roti tawar umbi-umbian berkisar antara 1,33 – 8,05g/100g. Berdasarkan data dari berbagai penelitian pada Tabel 9., diketahui roti tawar dengan kandungan serat tertinggi adalah roti tawar yang dibuat dengan bahan 40% tepung singkong dengan kandungan serat sebesar 8,05g/100g (Olunlade & Adeola, 2013). Sementara itu roti tawar dengan kandungan serat paling rendah adalah roti tawar yang dibuat dengan bahan 100% tepung singkong dengan kandungan serat sebesar 1,33g/100g (Akintayo *et al.*, 2020).

