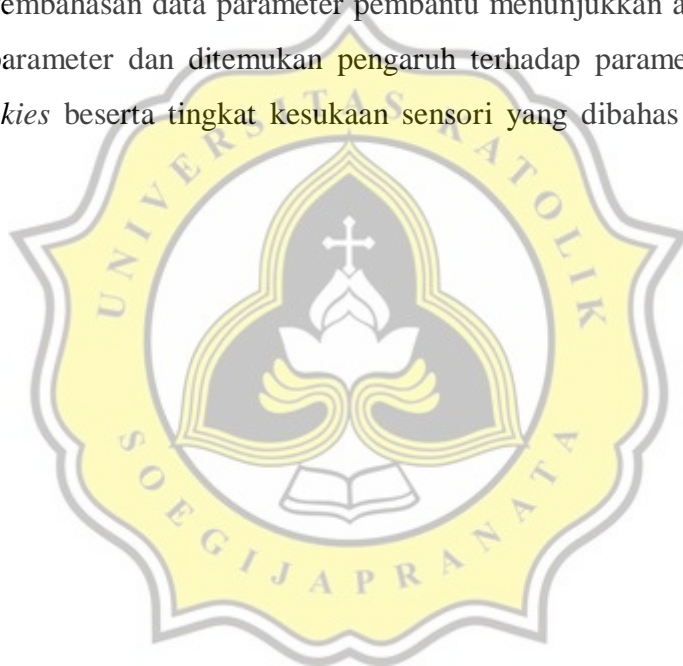


### 3. KARAKTERISTIK BERBAGAI JENIS TEPUNG BEBAS GLUTEN

Hasil pengumpulan literatur mengenai karakteristik tepung ditemukan sebanyak 36 jurnal maupun publikasi penelitian. Tabel 3 berisi pemetaan data mengenai karakteristik tepung seperti warna, komposisi proksimat, distribusi ukuran partikel tepung dan daya hidrasi. Tabel 4 berisi pemetaan data mengenai karakteristik thermal dan *pasting* tepung.

Dalam bab ini, akan dipaparkan data parameter pembantu meliputi kandungan zat gizi, ukuran partikel, ukuran granula, karakteristik *pasting*; karakteristik thermal dan daya hidrasi tepung. Pembahasan data parameter pembantu menunjukkan adanya keterkaitan pada beberapa parameter dan ditemukan pengaruh terhadap parameter utama berupa karakteristik *cookies* beserta tingkat kesukaan sensori yang dibahas lebih lanjut pada bab 4.



Tabel 3. Karakteristik Warna, Komposisi Proksimat, Distribusi Ukuran Partikel dan Daya Hidrasi Tepung Beras, Jagung, *Buckwheat*, Sorgum, Quinoa, Biji Lotus, Umbi Garut, Talas dan *C. album*

Jenis Tepung	Warna	Komposisi Proksimat (%)					Distribusi Ukuran Partikel	Daya Hidrasi (g/g)	Pustaka
		Abu	Protein	Lemak	Serat	Karbohidrat			
Beras	L*= $92,29 \pm 0,04$ a*= $-4,81 \pm 0,02$ b*= $11,07 \pm 0,05$	0,41± 0,01	7,29± 0,02	1,81± 0,01	0,71± 0,01	-	70%=<180 µm 20%= 180- 212 µm	WAC= 1,60±0,01	(Altindag <i>et al.</i> , 2015)
	L*= $90,3$ a*= $-1,18$ b*= $5,97$	0,26	7,71	0,44	0,78	88,8	Rata-rata= 186,8 µm	-	(Torbica <i>et al.</i> , 2012)
	L*= $94,37 \pm 0,13$ a*= $1,42 \pm 0,023$ b*= $8,16 \pm 0,115$	0,61	5,95	1,42	2,4	80,13	-	WAC= 1,73± 0,004 WAI= $2,43 \pm 0,12$	(USDA, 2019 <sup>d</sup> ; Kaushal <i>et al.</i> , 2012)
Jagung	-	1,45	6,93	3,86	7,3	76,85	<80µm	WHC= 1,85±0,07 WBC= 1,30±0,01 WAI= 2,41±0,02	(Belorio <i>et al.</i> , 2019); (USDA, 2019 <sup>c</sup> ) (Tegeye <i>et al.</i> , 2019)

Jenis Tepung	Warna	Komposisi Proksimat (%)					Distribusi Ukuran Partikel	Daya Hidrasi (g/g)	Pustaka
		Abu	Protein	Lemak	Serat	Karbohidrat			
Jagung	L*=83,99±0,23 a*=3,36± 0,11 b*=26,6± 0,81	0,6	4,8	3,1	2,6	76	-	WHC=2,1 1±0,05	(Korus <i>et al.</i> , 2017)
	L*=90,57±0,12 a*=-5,02±0,09 b*=30,5±0,18	0,64	5,85	2,44	1,51	75,86	60%= 212-500 µm 20%=<180 µm	WAC= 1,46±0,02	(Altindag <i>et al.</i> , 2015)
Buckwheat	-	2,54	12,62	3,1	10	70,59	-	-	(USDA, 2019 <sup>b</sup> )
	L*=88,64±0,07 a*=-4,02± 0,03 b*=13,08±0,04	1,05± 0,01	9,75± 0,05	1,64± 0,01	0,96± 0,05	-	90%=<180 µm	WAC= 1,19±0,01	(Altindag <i>et al.</i> , 2015)
	L*=86,34 a*=0,06 b*=7,21	2,20	12,28	2,85	-	80,4	Rata-rata= 177,7 µm	-	(Torbica <i>et al.</i> , 2012)
Sorgum	L*=79,13±0,06 a*=0,6±0,01 b*=14,81±0,01	1,9± 0,02	10,91± 0,89	4,49± 0,07	2,56± 0,02	82,71±0,6	-	WAI=2,12 ±0,05	(Tegeye <i>et al.</i> , 2019)
	-	1,32	8,43	3,34	6,6	76,64	75-251 µm	WBC= 2,38± 0,046	(USDA, 2019 <sup>e</sup> ; Rao <i>et al.</i> , 2015)

Jenis Tepung	Warna	Komposisi Proksimat (%)					Distribusi Ukuran Partikel	Daya Hidrasi (g/g)	Pustaka
		Abu	Protein	Lemak	Serat	Karbohidrat			
Quinoa	L*=-91,81 a*=-0,11 b*=11,54	2,54	14,03	6,44	-	65,97	>74 s.d >595 µm 54%= >149 µm 41%= >297 µm	WAI= 2,65	(Ahmed <i>et al.</i> , 2019; Wang <i>et al.</i> , 2015)
Biji lotus	-	3,07± 0,11	16,53± 0,12	2,87± 0,02	2,94± 0,06	-	92-138 µm	-	(Shahzad <i>et al.</i> , 2020; Wang <i>et al.</i> , 2020)
	L*=-89,35±0,85 a*=-0,51±0,35 b*=11,50±0,63	3,3± 0,01	21,36± 1,76	1,99± 0,09	2,2± 0,14	62,90±1,38	-	WAC= 1,59±0,08	(Singthong & Meesit, 2017)
Umbi garut	L*=-95,63±0,21 a*=-0,72±0,01 b*=-4,81± 0,02	0,08	0,3	0,1	3,4	88,15	-	-	(USDA, 2019 <sup>a</sup> ; Wang <i>et al.</i> , 2018)
	-	-	7,7	-	-	62,3±0,3	<300 µm	-	(Aprianita <i>et al.</i> , 2014)
Talas	-	-	5,5± 0,2	-	-	65,4± 3,30	315 µm	-	(Aprianita <i>et al.</i> , 2014);

Jenis Tepung	Warna	Komposisi Proksimat (%)					Distribusi Ukuran Partikel	Daya Hidrasi (g/g)	Pustaka
		Abu	Protein	Lemak	Serat	Karbohidrat			
Talas	L*= $85,5 \pm 1,04$ a*= $1,5 \pm 0,04$ b*= $7,5 \pm 0,14$	4,15 $\pm$ 0,25	12,25 $\pm$ 0,87	0,5 $\pm$ 0,05	0,75 $\pm$ 0,01	72,148	-	WAC= $2,45 \pm 0,196$ WAI= $4,29 \pm 0,136$	(Kaushal <i>et al.</i> , 2012); (Kaur <i>et al.</i> , 2011)
<i>Chenopodium album</i>	L*= $59,3 \pm 6,07$ a*= $0,2 \pm 0,06$ b*= $11,8 \pm 0,04$	3,25 $\pm$ 0,03	13,12 $\pm$ 0,07	6,50 $\pm$ 0,30	13,09 $\pm$ $\pm 0,04$	54,61 $\pm 0,09$	250 $\mu$ m – 355 $\mu$ m	WAI= $2,29 \pm 0,15$	(Jan <i>et al.</i> , 2018); (Jan <i>et al.</i> , 2016 <sup>a</sup> ); (Jan <i>et al.</i> , 2016 <sup>b</sup> )

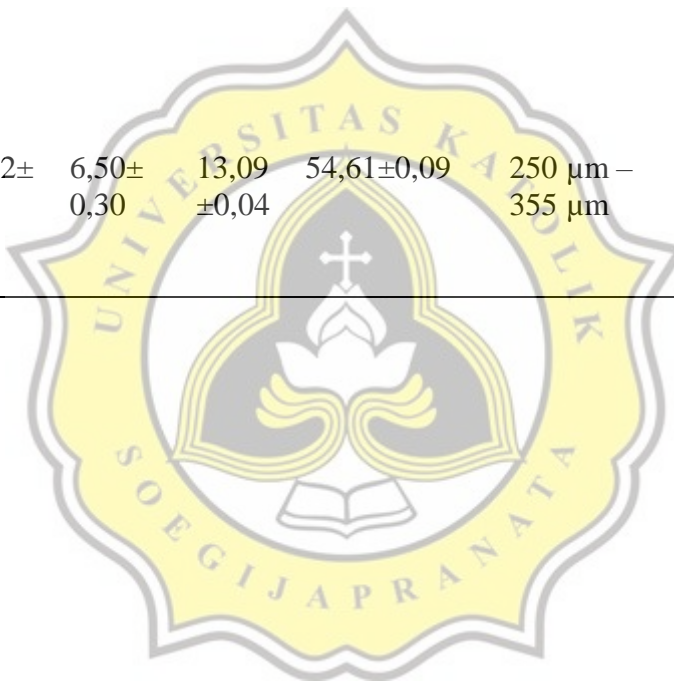
Keterangan:

WHC= *water holding capacity*

WBC= *water binding capacity*

WAC= *water absorption capacity*

WAI= *water absorption index*

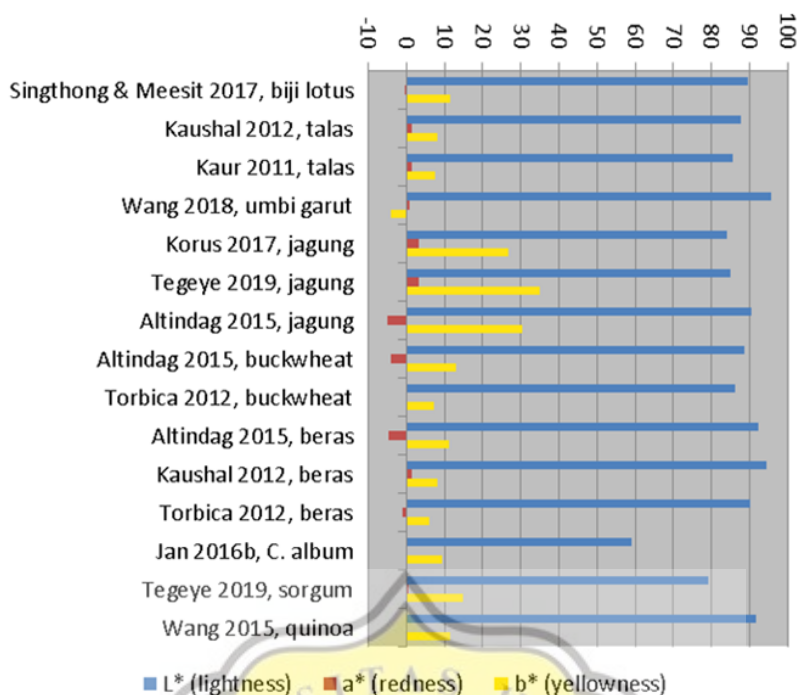


Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui karakteristik warna, komposisi proksimat, distribusi ukuran partikel dan daya hidrasi tepung beras, jagung, *buckwheat*, sorgum, quinoa, biji lotus, umbi garut, talas dan *C. album*. Nilai  $L^*$  paling tinggi yaitu pada jenis tepung umbi garut atau *arrowroot* sedangkan nilai  $L^*$  paling rendah yaitu ditunjukkan oleh tepung *C. album*. 4 Kadar karbohidrat tertinggi didapati pada tepung beras yaitu sebesar 88,8% sedangkan kadar karbohidrat terendah ditemukan pada tepung *C. album* yaitu sebesar  $54,61 \pm 0,09\%$ . Tepung dengan distribusi rata-rata ukuran partikel terkecil didapati pada tepung jagung yaitu sebesar  $<80 \mu\text{m}$  (Belorio *et al.*, 2019) sedangkan ukuran partikel tepung terbesar didapati pada tepung *C. album* yaitu sebesar  $250 \mu\text{m} - 355 \mu\text{m}$ .

### 3.1. Warna Tepung

Pengukuran warna tepung menggunakan analisis warna Hunter Lab kolorimeter yang ditunjukkan oleh nilai  $L^*$ ,  $a^*$  dan  $b^*$ . Nilai  $L^*$  (*lightness*) bernilai 0-100 dimana 0 menunjukkan warna hitam dan nilai 100 menunjukkan warna putih. Nilai  $a^*$  dapat menunjukkan nilai positif apabila mendekati warna merah, dan bernilai negatif apabila mendekati warna hijau. Sedangkan pada  $b^*$  menunjukkan nilai positif apabila mendekati warna kuning dan bernilai negatif apabila mendekati warna biru.



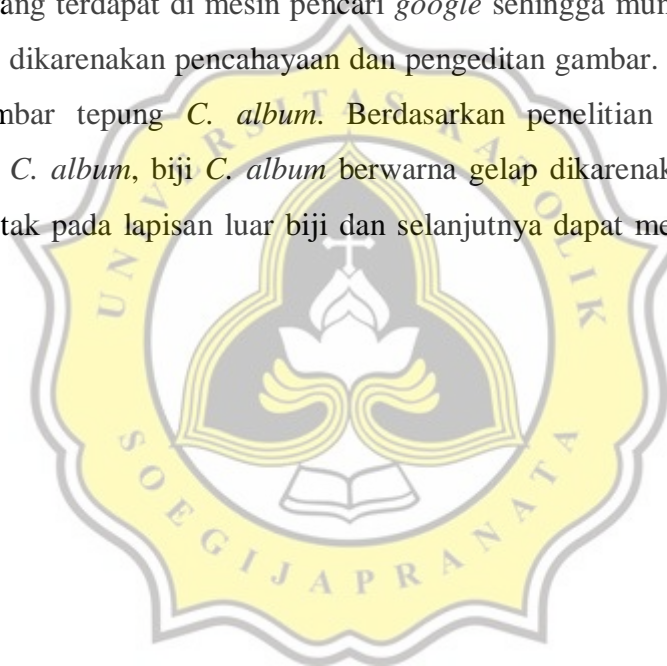


Gambar 3. Perbandingan Nilai Warna (*Lightness, Redness, Yellowness*) Tepung Biji Lotus, Talas, Umbi Garut, Jagung, *Buckwheat*, Beras, *C. album*, Sorgum dan Quinoa

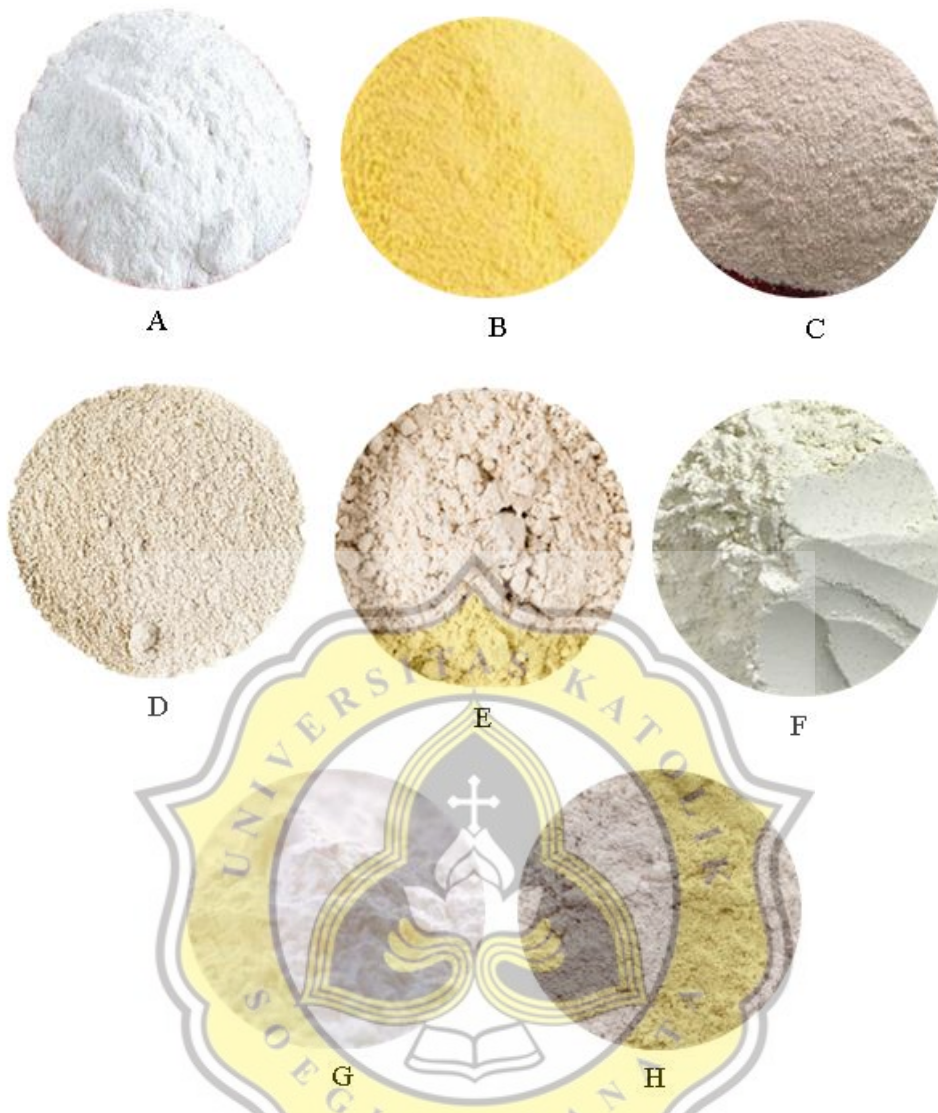
Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui warna ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) berbagai jenis tepung. Nilai  $L^*$  paling tinggi yaitu pada jenis tepung umbi garut atau *arrowroot* sedangkan nilai  $L^*$  paling rendah yaitu ditunjukkan oleh tepung *C. album*. Hal ini menunjukkan bahwa tepung umbi garut memiliki warna yang lebih terang seiring dengan besarnya angka  $L^*$  dan sebaliknya tepung *C. album* merupakan tepung yang lebih gelap ditunjukkan dengan rendahnya nilai  $L^*$ . Tepung *C. album* mengandung polifenol dan flavonoid yang cukup tinggi, sehingga mempengaruhi kecerahan tepung. Sesuai dengan penelitian Altindag *et al.*, (2015) bahwa tepung *buckwheat* yang banyak mengandung polifenol menunjukkan tingkat kecerahan paling rendah dibandingkan tepung beras dan jagung. Nilai  $a^*$  (+) tertinggi yaitu tepung jagung (Tegeye *et al.*, 2019 dan Korus *et al.*, 2017). Namun pada penelitian Altindag *et al.*, (2015) tepung jagung menunjukkan nilai  $a^*$  paling negatif (-). Perbedaan warna tepung dapat disebabkan oleh perbedaan tempat tumbuh. Nilai  $b^*$  (+) tertinggi didapati pada tepung jagung yang menunjukkan warna tepung jagung paling mendekati warna kuning jika dibandingkan dengan tepung lainnya. Tingginya nilai  $b^*$  pada jagung dipengaruhi oleh kandungan karotenoid yang cukup tinggi. Nilai  $b^*$  paling negatif (-) didapati pada tepung umbi garut.

Warna tepung dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti asal atau tempat tumbuh (*origin*), kandungan protein dan abu. Warna tepung yang ditunjukkan dengan nilai *lightness* yang rendah dan  $a^*$  yang tinggi berhubungan dengan kandungan abu dan polifenol yang tinggi (Wang *et al.*, 2004). Apabila kadar protein meningkat nilai *lightness* akan menurun, nilai  $a^*$  dan  $b^*$  meningkat (Wang *et al.*, 2004).

Berdasarkan sumber literatur yang ada, hasil pengukuran warna tepung berupa nilai  $L^*$ ,  $a^*$  dan  $b^*$  tanpa menyajikan foto tepung yang digunakan. Pendekatan visual berbagai macam tepung tersebut dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar tepung ini diambil dari gambar tepung yang terdapat di mesin pencari *google* sehingga mungkin terjadi sedikit perbedaan warna dikarenakan pencahayaan dan pengeditan gambar. Penulis cukup sulit menemukan gambar tepung *C. album*. Berdasarkan penelitian mengenai *cookies* berbahan tepung *C. album*, biji *C. album* berwarna gelap dikarenakan adanya pigmen warna yang terletak pada lapisan luar biji dan selanjutnya dapat mempengaruhi warna *cookies*.







Gambar 4. Tepung Beras (A), Tepung Jagung (B), Tepung *Buckwheat* (C), Tepung Quinoa (D), Tepung Sorgum (E), Tepung Biji Lotus (F), Tepung Umbi Garut (G) dan Tepung Talas (H).

(sumber: <https://www.indiamart.com/proddetail/white-rice-flour-18068921533.html>;

<https://www.eworldtrade.com/pd/timbermatecompanylimited/extra-fine-yellow-corn/746918/>; <https://www.indiamart.com/proddetail/organic-buckwheat-flour-gluten-free-6449138491.html>;

<https://www.superhealthykids.com/recipes/make-quinoa-flour/>;

<https://nulifemarket.com/gf/organic-white-whole-grain-flour/>;

<https://www.goodprice.vn/en/product/lotus-seeds-powder-443>;

<https://vedicindiansupermarket.com/arrowroot-powder-200gm-bansi/>;

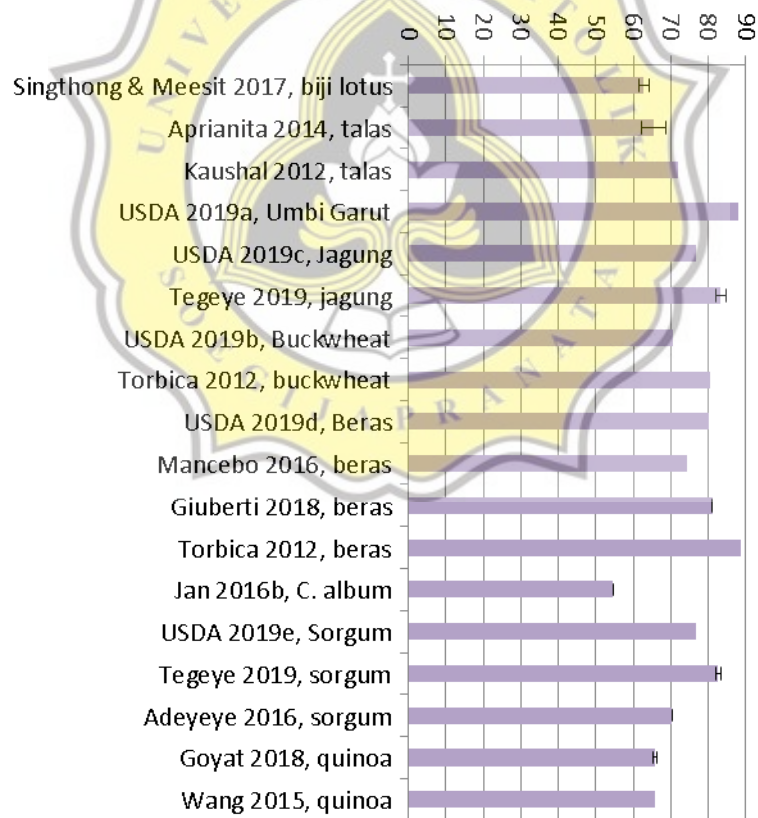
<https://reserve-vanillier.com/en/produit/taro-flour/>)

### 3.2. Komposisi Proksimat Tepung

Komposisi proksimat tepung dibedakan menjadi kadar abu, protein, lemak, serat dan karbohidrat. Seluruh analisis kadar proksimat dilakukan berdasarkan metode AOAC tahun 2000 menggunakan metode *dry basis*.

#### 3.2.1. Kadar Karbohidrat

Karbohidrat cukup berperan besar dalam pembentukan karakteristik produk *bakery* terutama saat tidak adanya gluten dalam tepung. Karbohidrat mencakup gula sederhana, pati dan serat. Kadar karbohidrat diukur menggunakan metode *by difference*. Kadar karbohidrat tepung biji lotus, talas, umbi garut, jagung, *buckwheat*, beras, *C. album*, sorgum dan quinoa berdasarkan sumber pustaka dapat dilihat pada Gambar 5.

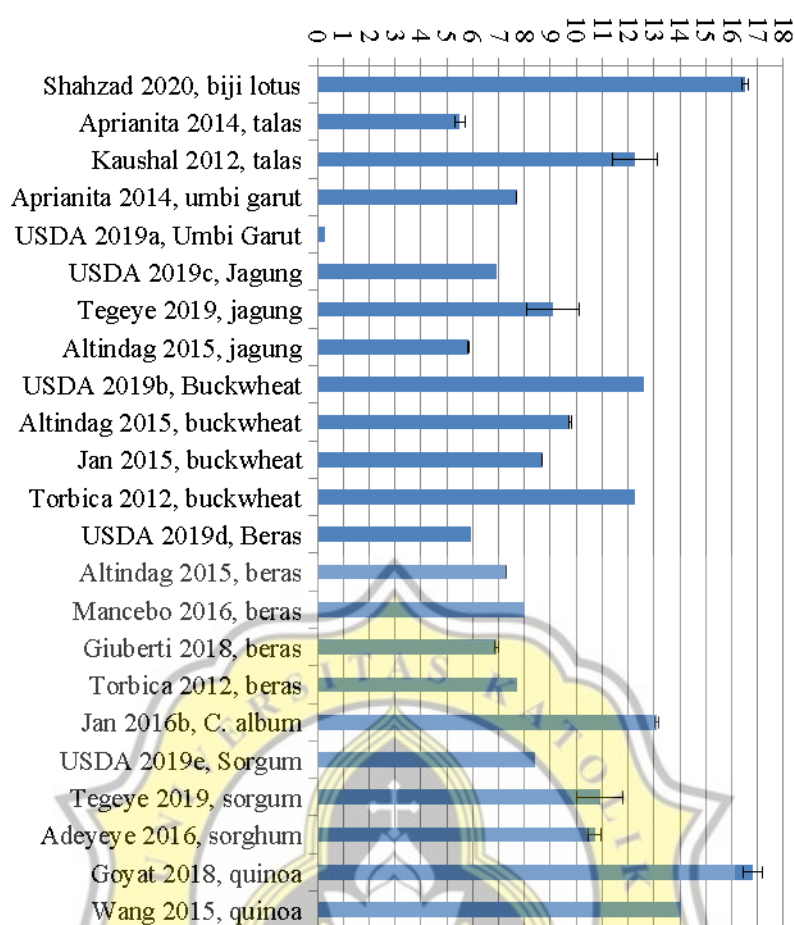


Gambar 5. Perbandingan Kadar Karbohidrat Tepung Biji Lotus, Talas, Umbi Garut, Jagung, *Buckwheat*, Beras, *C. album*, Sorgum dan Quinoa

Gambar 5 merupakan gambar perbandingan nilai karbohidrat tepung menggunakan metode meta analisis. Dalam metode meta analisis, data yang diperoleh dari berbagai sumber pustaka dikumpulkan dan disajikan dalam bentuk grafik. Berdasarkan Gambar 5 kadar karbohidrat tertinggi didapati pada tepung beras yaitu sebesar 88,8% (Torbica *et al.*, 2012) sedangkan kadar karbohidrat terendah ditemukan pada tepung *C. album* yaitu sebesar  $54,61 \pm 0,09\%$  (Jan *et al.*, 2016<sup>b</sup>). Jenis karbohidrat yang banyak ditemukan pada tepung sorgum yaitu golongan *non starchy carbohydrates* seperti pentosan, sehingga tepung sorgum dapat menyerap air 5-15 kali lipat dari beratnya dan menghasilkan tekstur biskuit yang tidak terlalu padat (Darman *et al.*, 2020)

### 3.2.2. Kadar Protein

Protein selain berkontribusi pada nilai gizi, juga berperan dalam pembentukan struktur adonan. Interaksi antara protein, pati dan air dalam tepung serta bahan lain saling berpengaruh terhadap kekerasan *cookies* (Fustier *et al.*, 2008). Peningkatan kadar protein akan membentuk ikatan kuat antara protein dan pati sehingga dihasilkan tekstur yang keras. Selain itu peningkatan jumlah protein dalam adonan dapat menyebabkan penurunan *spread ratio* dan kecerahan warna *cookies*. Hasil penelitian (Rababah *et al.*, 2006) menunjukkan penurunan *spread* biskuit seiring meningkatnya *isolated soy protein*. Perbandingan kadar protein tepung biji lotus, talas, umbi garut, jagung, *buckwheat*, beras, *C. album*, sorgum dan quinoa dapat dilihat pada Gambar 6.



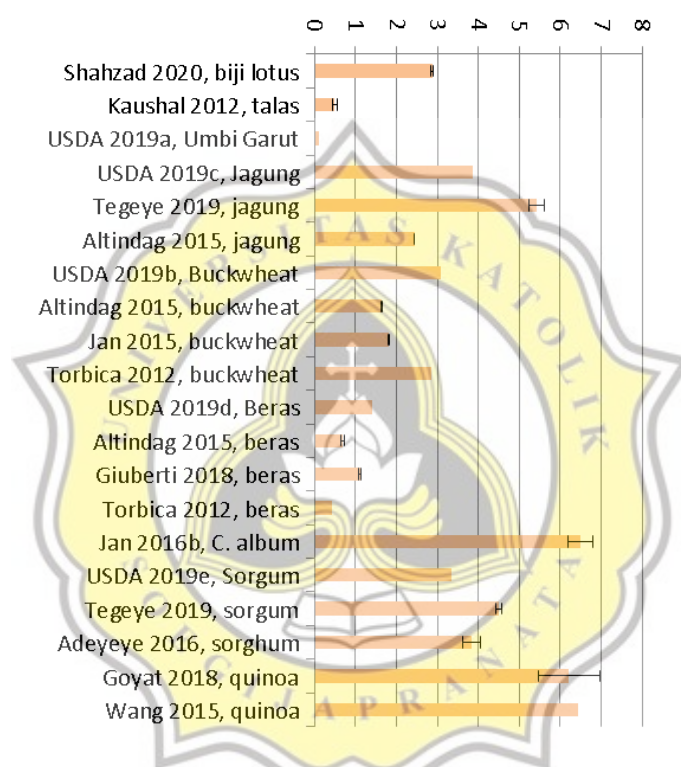
Gambar 6. Perbandingan Kadar Protein Tepung Biji Lotus, Talas, Ubi Garut, Jagung, *Buckwheat*, Beras, *C. album*, Sorgum dan Quinoa

Gambar 6 merupakan gambar perbandingan nilai protein tepung menggunakan metode meta analisis. Dalam metode meta analisis, data yang diperoleh dari berbagai sumber pustaka dikumpulkan dan disajikan dalam bentuk grafik. Berdasarkan Gambar 6. kadar protein tertinggi didapati pada tepung quinoa (Goyat *et al.*, 2018) yaitu sebesar  $16,8 \pm 0,37\%$  sedangkan kadar protein terendah didapati pada tepung ubi garut yaitu sebesar 0,3% (USDA, 2019<sup>a</sup>).

### 3.2.3. Kadar Lemak

Lemak dalam pembuatan *bakery* berperan sebagai *shortening* yang berkontribusi pada pembentukan tekstur produk. Lemak dalam pembuatan *cookies* dikontribusi oleh margarin atau minyak sayur. Lemak berinteraksi dengan protein dan matriks pati yang

berperan dalam pengembangan adonan (Fustier *et al.*, 2008). Hubungan sinergis antara protein dan lemak merujuk pada interaksi hidrofobik. Peningkatan total lemak dalam adonan *cookies* dapat meningkatkan ekspansi rongga udara (Giarnetti *et al.*, 2015). Semakin banyak rongga udara yang terbentuk berpengaruh terhadap penurunan kepadatan/kekerasan. Pada tepung juga ditemukan lemak walaupun dalam jumlah yang tidak banyak. Perbandingan kadar lemak tepung biji lotus, talas, umbi garut, jagung, *buckwheat*, beras, *C. album*, sorgum dan quinoa dapat dilihat pada Gambar 7.



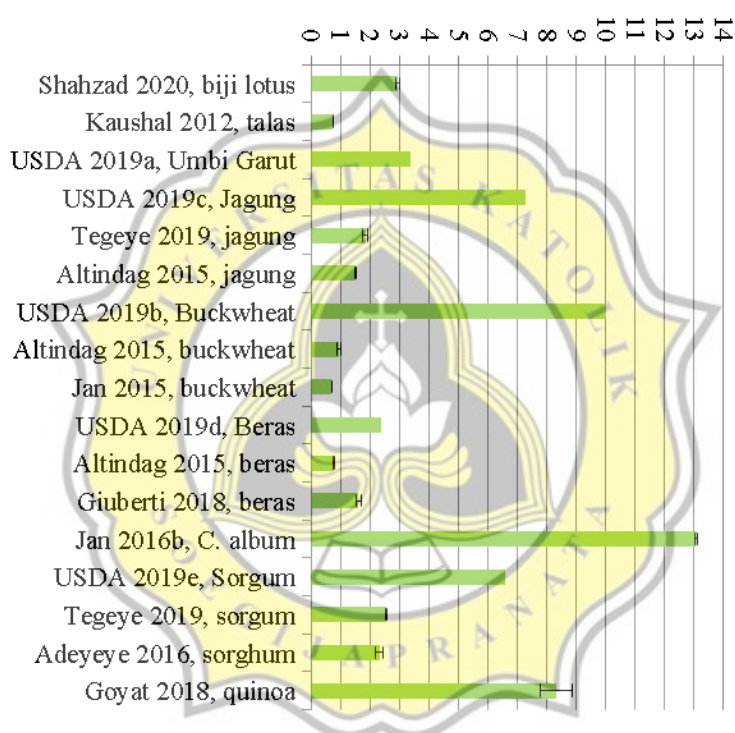
Gambar 7. Perbandingan Kadar Lemak Tepung Biji Lotus, Talas, Umbi Garut, Jagung, *Buckwheat*, Beras, *C. album*, Sorgum dan Quinoa

Gambar 7 merupakan gambar perbandingan nilai kadar lemak tepung menggunakan metode meta analisis. Dalam metode meta analisis, data yang diperoleh dari berbagai sumber pustaka dikumpulkan dan disajikan dalam bentuk grafik. Berdasarkan Gambar 7 Kandungan lemak tertinggi dijumpai pada tepung *C. album* yaitu sebesar  $6,5 \pm 0,3\%$  (Jan *et al.*, 2016<sup>b</sup>) sedangkan kandungan lemak terendah ditemukan pada tepung umbi garut yaitu sebesar  $0,1\%$  (USDA, 2019<sup>a</sup>).



### 3.2.4. Kadar Serat

Pengembangan produk pangan yang diperkaya dengan serat cukup banyak ditemukan, termasuk dengan menggunakan bahan baku berupa tepung yang tinggi serat. Kandungan serat dalam tepung berkontribusi terhadap total serat dalam adonan, dimana peningkatan serat dalam adonan menyebabkan peningkatan kekompakan struktur *cookies*. Perbandingan kadar serat tepung biji lotus, talas, umbi garut, jagung, *buckwheat*, beras, *C. album*, sorgum dan quinoa dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan Kadar Serat Tepung Biji Lotus, Talas, Umbi Garut, Jagung, *Buckwheat*, Beras, *C. album*, Sorgum dan Quinoa

Gambar 8 merupakan gambar perbandingan nilai kadar serat tepung menggunakan metode meta analisis. Dalam metode meta analisis, data yang diperoleh dari berbagai sumber pustaka dikumpulkan dan disajikan dalam bentuk grafik. Berdasarkan Gambar 8. tepung dengan kandungan serat tertinggi yaitu tepung *C. album* dengan kandungan serat sebesar  $13,09 \pm 0,04\%$  (Jan *et al.*, 2016<sup>b</sup>). Tepung dengan kadar serat terendah ditemukan pada tepung beras (0,78%).



### 3.2.5. Kadar Abu

Kadar abu menunjukkan kandungan mineral dalam tepung. Analisis kadar abu juga menunjukkan persentase endosperma dan kemurnian tepung. Kadar abu diketahui berkaitan dengan nilai  $L^*$  dimana nilai *lightness* yang tinggi menunjukkan kadar abu yang rendah dan sebaliknya. Perbandingan kadar abu tepung biji lotus, talas, umbi garut, jagung, *buckwheat*, beras, *C. album*, sorgum dan quinoa dapat dilihat pada Gambar 9.



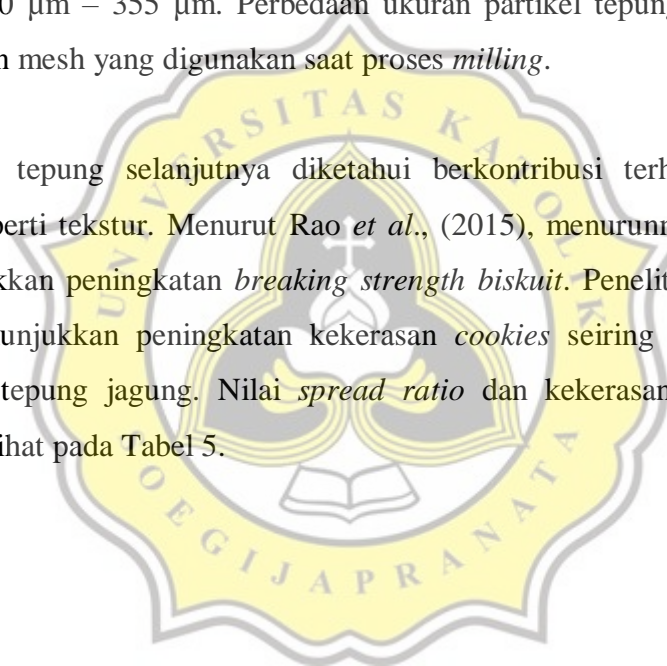
Gambar 9. Perbandingan Kadar Abu Tepung Biji Lotus, Talas, Umbi Garut, Jagung, *Buckwheat*, Beras, *C. album*, Sorgum dan Quinoa

Gambar 9 merupakan gambar perbandingan nilai kadar abu tepung menggunakan metode meta analisis. Dalam metode meta analisis, data yang diperoleh dari berbagai sumber pustaka dikumpulkan dan disajikan dalam bentuk grafik. Berdasarkan Gambar 9, kadar abu tertinggi ditemukan pada tepung talas yaitu sebesar  $4,15 \pm 0,25\%$  (Kaushal *et al.*, 2012). Sedangkan kadar abu terendah ditemukan pada tepung umbi garut yaitu sebesar  $0,08\%$ .

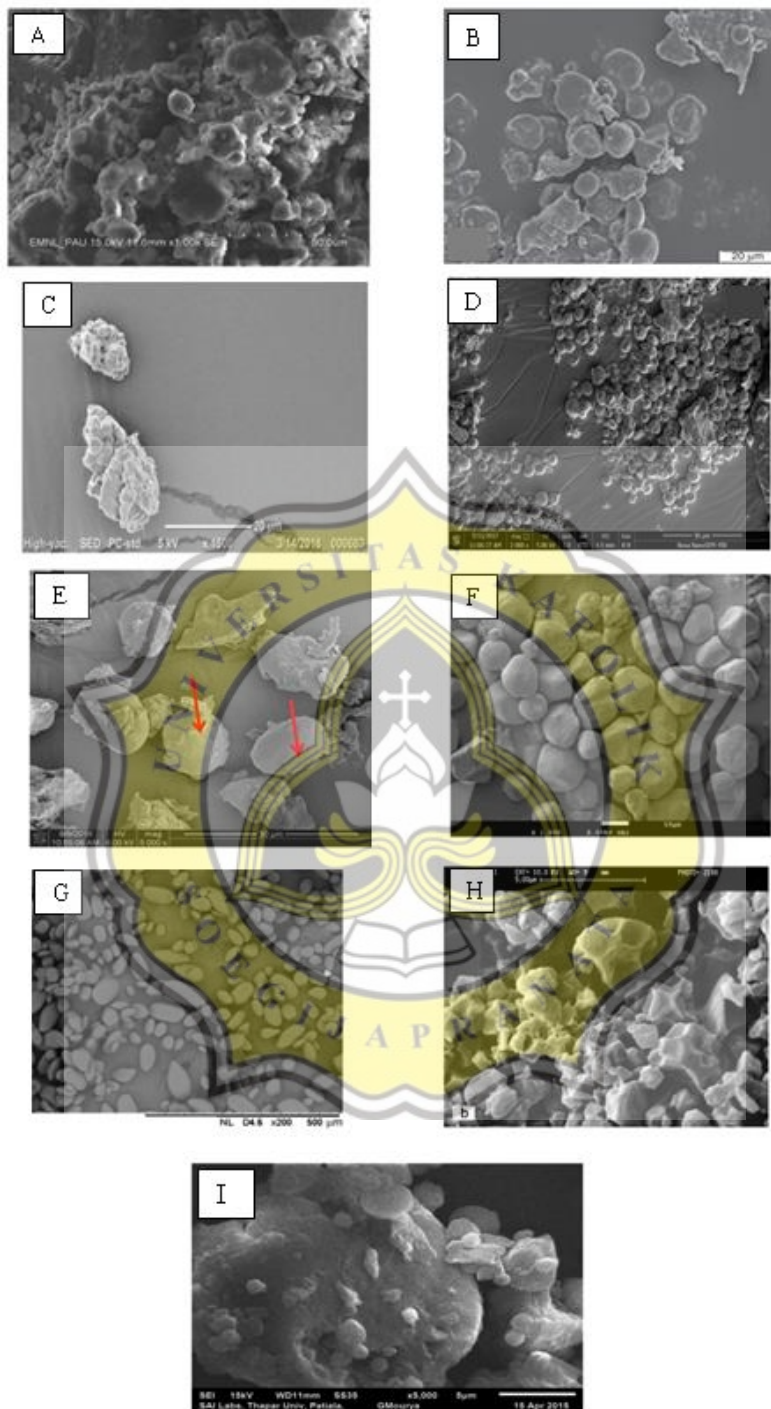
### 3.3. Ukuran Partikel Tepung

Ukuran partikel tepung juga berkontribusi terhadap karakteristik adonan. Partikel tepung yang berukuran kecil dapat meningkatkan kapasitas penyerapan air atau *water absorption capacity* (WAC) dan *swelling power* (Rao *et al.*, 2015). Partikel tepung yang kecil menghasilkan luas area permukaan yang luas sehingga memungkinkan terjadinya peningkatan daya hidrasi tepung. Berdasarkan Tabel 3. Tepung dengan distribusi rata-rata ukuran partikel terkecil didapati pada tepung jagung yaitu sebesar  $<80 \mu\text{m}$  (Belorio *et al.*, 2019) sedangkan ukuran partikel tepung terbesar didapati pada tepung *C. album* yaitu sebesar  $250 \mu\text{m} - 355 \mu\text{m}$ . Perbedaan ukuran partikel tepung dipengaruhi oleh perbedaan ukuran mesh yang digunakan saat proses *milling*.

Ukuran partikel tepung selanjutnya diketahui berkontribusi terhadap karakteristik produk akhir seperti tekstur. Menurut Rao *et al.*, (2015), menurunnya ukuran partikel tepung menunjukkan peningkatan *breaking strength biskuit*. Penelitian (Belorio *et al.*, 2019) juga menunjukkan peningkatan kekerasan *cookies* seiring dengan penurunan ukuran partikel tepung jagung. Nilai *spread ratio* dan kekerasan/*breaking strength cookies* dapat dilihat pada Tabel 5.



### 3.4. Ukuran Granula



Gambar 10. *Scanning electron microscopy* (SEM) (A) tepung beras; (B) tepung jagung; (C) tepung quinoa; (D) tepung *buckwheat*; (E) tepung biji lotus; (F) tepung sorgum; (G) tepung umbi garut; (H) tepung taro; (I) tepung *C. album* (sumber: Wang *et al.*, 2020; Ahmed *et al.*, 2019; Amin *et al.*, 2018; Yu *et al.*, 2018; Jan *et al.*, 2016<sup>b</sup>; Sun *et al.*, 2014; Gordillo *et al.*, 2014; Aboubakar *et al.*, 2008)

Bentuk dan ukuran granula berbagai jenis tepung dapat dilihat pada Gambar 10. Gambar (A) menunjukkan gambar SEM tepung beras dengan granula berbentuk bulat tidak beraturan baik dari segi bentuk dan ukuran. Gambar (B) menunjukkan gambar SEM tepung jagung dengan granula berbentuk bulat dan sebagian tidak beraturan. Gambar (C) menunjukkan gambar SEM tepung quinoa dengan bentuk tidak beraturan. Gambar (D) menunjukkan gambar SEM tepung *buckwheat*. Tepung dihasilkan dari metode *universal grinding*. Granula berbentuk bulat tidak beraturan dengan ukuran yang tidak homogen. Gambar (E) menunjukkan gambar SEM tepung biji lotus dengan granula pati berbentuk oval dan berukuran relatif kecil dengan permukaan yang halus. Gambar (F) menunjukkan gambar SEM tepung sorghum dengan granula berbentuk bulat atau oval dengan permukaan halus.

Gambar (G) menunjukkan gambar SEM tepung umbi garut. Sebagian besar granula pati berbentuk oval dengan ukuran  $> 25\mu\text{m}$  (Gordillo *et al.*, 2014). Gambar (H) menunjukkan gambar SEM tepung taro, granula pati berbentuk segi banyak (poligonal) dan tidak beraturan dengan diameter  $\pm 5\mu\text{m}$ . Gambar (I) menunjukkan gambar SEM tepung *C. album*. Tepung memiliki struktur kontinyu granula pati yang berada pada matriks protein yang padat. Granula pati berbentuk tidak beraturan dengan ukuran 1-10  $\mu\text{m}$ .

### 3.5. Daya Hidrasi Tepung

Daya hidrasi tepung dibedakan menjadi beberapa istilah seperti WHC, WBC, WAC dan WAI. *Water holding capacity* (WHC) merupakan jumlah air yang tertahan oleh sampel secara alami tanpa perlakuan apapun. *Water binding capacity* (WBC) yaitu jumlah air yang tertahan oleh sampel setelah dilakukan proses sentrifugasi (Belorio *et al.*, 2019). *Water absorption capacity* (WAC) diukur setelah melalui proses sentrifugasi yaitu selisih berat *centrifuge tube* setelah dipanaskan dikurangi berat sampel kemudian dibagi dengan berat sampel (Kaushal *et al.*, 2012). *Water absorption index* (WAI) didapat dari pengukuran berat endapan basah setelah proses sentrifugasi dibagi dengan berat kering

sampel. Metode pengukuran daya hidrasi tepung dilakukan sesuai dengan metode AACCC 2000 dan beberapa modifikasi.

Berdasarkan Tabel 3. Nilai WHC paling tinggi ditemukan pada tepung jagung yaitu sebesar  $2,11 \pm 0,05$ . Tingginya WHC tepung jagung dapat disebabkan oleh kandungan *damaged starch* yang dihasilkan selama proses penggilingan tepung. Sesuai dengan pernyataan Rao *et al.*, (2015) bahwa daya serap air juga ditentukan oleh kandungan *damaged starch*, dimana *damaged starch* memiliki kemampuan menyerap air lebih banyak daripada *undamaged starch*. Tepung dengan nilai WAC ( $2,45 \pm 0,196$ ) dan WAI ( $4,29 \pm 0,136$ ) tertinggi didapati pada tepung talas. Tingginya WAC dan WAI pada tepung dapat disebabkan oleh tingginya kandungan karbohidrat (pati) dalam tepung (Tegeye *et al.*, 2019). Menurut Mancebo *et al.*, (2016), peningkatan pati dapat menurunkan WBC, WHC dan volume pengembangan (*swelling volume*). Penelitian Mancebo *et al.*, (2015) menunjukkan korelasi negatif antara protein dan WBC serta WHC tepung. Selain itu, penyerapan air dipengaruhi oleh banyaknya gugus hidroksil yang terdapat dalam serat dimana semakin banyak gugus OH maka semakin tinggi nilai WAC dan dapat melemahkan jaringan gluten yang mempertahankan tekstur biskuit (Saeed *et al.*, 2020).

Tabulasi data mengenai karakteristik *pasting* dan karakteristik thermal beberapa jenis tepung bebas gluten yang dapat dilihat pada Tabel 4. Karakteristik *pasting* meliputi suhu *pasting*, *peak viscosity* dan *viskositas final*. Karakteristik thermal ditunjukkan oleh nilai *peak temperature*. Penentuan parameter pada karakteristik tepung ini, dilakukan berdasarkan ketersediaan data pada penelitian-penelitian sebelumnya.



Tabel 4. Karakteristik *Pasting* dan Thermal Tepung Beras, Jagung, *Buckwheat*, Sorgum, Quinoa, Biji Lotus, Umbi Garut, Talas dan *C. album*

Jenis Tepung	Suhu <i>pasting</i> (°C)	<i>Peak viscosity</i> (cP)	Viskositas final (cP)	<i>Peak temperature</i> (°C)	Pustaka
Beras	84,45 ± 0,48	2235,33 ± 27,75	3578 ± 26,23	59,86	(Asmeda <i>et al.</i> , 2015)
Jagung	75,60 ± 0,48	959±41	2964±43	67,57 ± 0,25	(Wang <i>et al.</i> , 2018); (Kaur <i>et al.</i> , 2011)
<i>Buckwheat</i>	88,84 ± 0,70	3265 ± 17,58	4951,33 ± 82,23	67,25 ± 0,20	(Yu <i>et al.</i> , 2018); (Yilmaz <i>et al.</i> , 2015)
Sorgum	72,2-75,8	2809-5185	3030-4401	69,49± 0,11	(Jafari <i>et al.</i> , 2017); (Palavecino <i>et al.</i> , 2016)
Quinoa	63,0-64,0	2500 s.d <3000	±4000	65,4	(Wang <i>et al.</i> , 2015); (Lindeboom <i>et al.</i> , 2005)
Biji lotus	83,47±0,51	1842±48	2421±73	75,8±0,2	(Wang <i>et al.</i> , 2018); (Man <i>et al.</i> , 2012)
Umbi garut	70,1±0,41	6312±119	3175±69	65,33±0,61	(Wang <i>et al.</i> , 2018); (Aprianita <i>et al.</i> , 2014)
Talas	62,8±1,31	1958±62	2301±34	85,31±0,56	(Wang <i>et al.</i> , 2018); (Aprianita <i>et al.</i> , 2014); (Kaur <i>et al.</i> , 2011)
<i>Chenopodium album</i>	84,85±6,4	1218±29,3	1675±39,01	71,00±0,65	(Jan <i>et al.</i> , 2018); (Jan <i>et al.</i> , 2016 <sup>a</sup> )



Berdasarkan Tabel 4. dapat diketahui suhu *pasting*, *peak viscosity*, viskositas final dan *peak temperature* tepung beras, jagung, *buckwheat*, sorgum, quinoa, biji lotus, umbi garut, talas, dan *C. album*. Suhu *pasting* terendah ditemukan pada tepung talas yaitu sebesar 62,8°C sedangkan suhu *pasting* tertinggi didapati pada tepung *buckwheat* (88,84°C). *Peak viscosity* terendah didapati pada tepung jagung yaitu sebesar 959 cP sedangkan *peak viscosity* tertinggi ditemukan pada tepung umbi garut (6312 cP). Nilai viskositas final tepung *buckwheat* (4951,33±82,23) menunjukkan nilai paling tinggi sedangkan nilai viskositas final terendah ditunjukkan oleh tepung *C. album* (1675±39,01). Nilai *peak temperature* tertinggi ditemukan pada tepung talas (85,31°C) sedangkan *peak temperature* terendah ditemukan pada tepung beras yaitu sebesar 59,86°C.



### 3.6. Karakteristik *Pasting* Tepung

Karakteristik *pasting* tepung ditunjukkan melalui parameter suhu *pasting*, *peak viscosity* dan viskositas final. Karakteristik *pasting* tepung diukur menggunakan *Rapid Visco Analyzer* (RVA) sesuai metode AACC dan beberapa modifikasi. Prinsipnya yaitu dengan melarutkan sampel tepung dengan air distilasi lalu dilakukan pemanasan dengan suhu dan waktu *holding* yang berbeda dan diakhiri dengan *cooling* pada suhu tertentu.

*Peak viscosity* atau viskositas puncak didefinisikan sebagai viskositas maksimum yang dicapai saat memanaskan bubur tepung dalam profil RVA dimana granula pati membengkak hingga batas maksimum (Yu *et al.*, 2018). Besar nilai viskositas puncak dipengaruhi oleh kemampuan mengembang granula pati. Viskositas akhir menunjukkan kemampuan material untuk membentuk semacam bubur kental dimana sebagian besar ditentukan oleh retrogradasi amilosa terlarut pada saat pendinginan dalam profil RVA (Yu *et al.*, 2018).

Berdasarkan Tabel 4. *Peak viscosity* terendah didapati pada tepung jagung yaitu sebesar 959 cP sedangkan *peak viscosity* tertinggi ditemukan pada tepung umbi garut (6312 cP). Karakteristik *pasting* dipengaruhi oleh kandungan protein, pati dan ikatan antar molekul. Kandungan protein yang tinggi dapat menghambat pengembangan granula pati karena adanya matriks protein kaku yang menghambat air masuk. Hal ini menghambat granula pati mengembang (*swelling*). Selain itu, ikatan antar molekul juga mempengaruhi karakteristik *pasting* tepung. Ikatan yang lemah mendukung *swelling power* yang baik sedangkan ikatan yang kuat menghambat pengembangan granula pati. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian (Kaur *et al.*, 2011) dimana ikatan yang lemah pada tepung kentang menunjukkan *peak viscosity* yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan jagung dimana terdapat ikatan yang kuat antar molekulnya.

Berdasarkan Tabel 4, suhu *pasting* terendah ditemukan pada tepung talas yaitu sebesar 62,8°C sedangkan suhu *pasting* tertinggi didapati pada tepung *buckwheat* (88,84°C). Peningkatan suhu *pasting* dapat dipengaruhi oleh kandungan protein tepung yang tinggi (Jan *et al.*, 2017). Karakteristik *pasting* tepung juga dapat dipengaruhi oleh kandungan

amilosa. Penelitian Ahmed *et al.*, (2019) menunjukkan karakteristik *pasting* seperti *peak viscosity*, *hot paste viscosity* (HPV) dan *cold paste viscosity* (CPV) yang rendah pada tepung quinoa yang disebabkan oleh rendahnya kandungan amilosa (<10%).

Penelitian Jan *et al.*, (2017) menunjukkan peningkatan suhu *pasting* seiring dengan meningkatnya tepung quinoa yang ditambahkan. Peningkatan suhu *pasting* ini dipengaruhi oleh tingginya kandungan protein dalam tepung quinoa. Selain itu, adanya pati yang memiliki resistensi lebih tinggi untuk mengembang dan pecah, menyebabkan suhu *pasting* yang dibutuhkan pun semakin tinggi. Karakteristik *pasting* menjadi indeks penting dalam menentukan kualitas tepung (volume dan tekstur) untuk produk *bakery*. Biasanya tepung yang digunakan yaitu tepung dengan *peak viscosity* medium-tinggi dimana tepung tersebut memiliki karakteristik pati dan aktivitas alfa amilase yang baik (Julianti *et al.*, 2017).

### 3.7. Karakteristik Thermal Tepung

Karakteristik thermal tepung diukur dengan menggunakan alat *Differential Scanning Calorimeter* (DSC). Prinsipnya yaitu sampel tepung ditambahkan dengan air distilasi dan diletakkan pada *aluminium pan* lalu di-*seal*, dikalibrasi 1 jam pada suhu ruang. Kemudian *pan* dipanaskan dengan laju pemanasan 5-10°C/menit (suhu awal dan akhir berbeda-beda antara penelitian satu dan lainnya). Selanjutnya nilai *peak temperature* atau suhu puncak dapat diketahui. *Peak temperature* merupakan suhu dimana sampel tergelatinisasi. Penelitian (Asmeda *et al.*, 2015) menunjukkan korelasi negatif antara ukuran granula pati dengan parameter gelatinisasi. Derajat gelatinisasi meningkat seiring dengan menurunnya ukuran partikel sampel. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran partikel tepung cukup berpengaruh terhadap karakteristik thermal tepung.

Berdasarkan Tabel 4. dapat diketahui *peak temperature* tertinggi ditemukan pada tepung talas (85,31°C) sedangkan *peak temperature* terendah ditemukan pada tepung beras yaitu sebesar 59,86°C. Perbedaan karakteristik thermal tepung dapat dipengaruhi oleh perbedaan kadar amilopektin dan derajat kristalinitas pati. Penelitian (Wang *et al.*, 2018) menunjukkan tingginya nilai *onset temperature* tepung taro. Hal ini didukung

oleh kristalit dalam tepung taro memiliki derajat stabilitas yang tinggi sehingga diperlukan energi lebih besar untuk memulai terjadinya gelatinisasi pati (Sukhija *et al.*, 2016). Rendahnya *peak temperature* pada tepung beras dapat dipengaruhi oleh tingginya kandungan amilosa yang dapat menurunkan *melting point* kristalin pati dan energi untuk memulai terjadinya gelatinisasi (Sukhija *et al.*, 2016).

