

#### 4. NUTRISI, ZAT FUNGSIONAL DAN ANTI NUTRISI SERTA EFEK PENGOLAHAN PADA LIMA KACANG TINGGI PROTEIN

Seperti pada seluruh jenis tanaman pangan, nutrisi, zat fungsional, dan anti nutrisi dari kacang-kacangan yang dibahas di sini sangat bergantung pada kondisi tumbuh dan genetik dari kacang itu sendiri. Kondisi tumbuh yang dimaksud adalah lokasi penanaman, dan iklim. Sedangkan perbedaan genetik tanaman kacang dapat memengaruhi hal-hal seperti warna biji (dari perbedaan kandungan pigmen, contoh: antosianin pada kedelai hitam), ukuran biji, proporsi kandungan makronutrien, jumlah kandungan zat fungsional ataupun anti nutrisi. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, pada *review* ini akan diberikan keterangan tambahan berupa lokasi penanaman dan kode hereditas tanaman pada penulisan kandungan nutrisi dari kacang-kacangan yang dibahas yang tersedia pada literatur.

##### 4.1. Kacang Kedelai

Kacang kedelai memang sudah biasa dikenal masyarakat sebagai kacang yang memiliki kandungan protein yang tinggi. Selain itu, kacang kedelai juga memiliki kandungan serat, fitosterol, minyak, dan isoflavon yang tinggi (Ahmad et al., 2014). Mengonsumsi kacang kedelai dapat mengurangi risiko berbagai penyakit seperti kanker, osteoporosis, penyakit kardiovaskular, dan penyakit kronis seperti penyakit jantung koroner. Pada biji kedelai terdapat kandungan karbohidrat sebanyak 35% yang terdiri atas gula yang dapat dicerna, pati, dan juga oligosakarida yang tidak dapat dicerna (Ahmad et al., 2014). Kacang kedelai sebenarnya memiliki beberapa jenis varian, di antaranya adalah kacang kedelai kuning, kacang kedelai hitam, dan edamame atau *vegetable soybean*. *Review* ini akan lebih berfokus kepada kacang kedelai kuning, namun kacang kedelai hitam dan edamame akan tetap dibahas sesuai dengan ketersediaan literatur dan akan diberi keterangan sesuai jenis kacang kedelai tersebut.

#### 4.1.1. Kandungan Nutrisi Kacang Kedelai

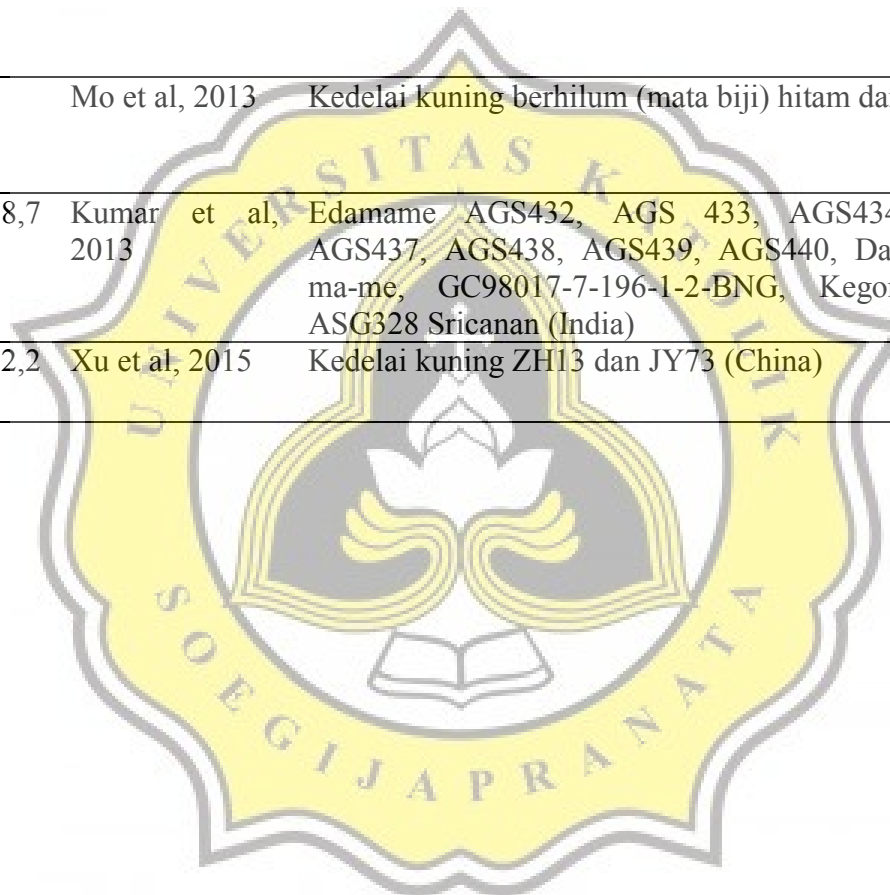
Tabel 14. Kandungan Nutrien Kacang Kedelai Mentah

No	Nutrien	Kadar ( <i>dry base</i> )	Referensi	Keterangan	Kualitas Jurnal
1	Protein	36,0 43,73%	– Esteves et al, 2010 ; Mo et al, 2013 ; Xu et al, 2015	Kedelai kuning UFV-116 dan OCEPAR-19 tanpa sekam ( <i>hulled</i> ) (Brazil); kedelai kuning berhilum (mata biji) hitam dan putih (Belanda); ZH13 dan JY 73 (China);	Q1; Q1; Q1
2	Lemak	18,0 23,15%	– Esteves et al, 2010 ; Mo et al, 2013 ; Xu et al, 2015	Kedelai kuning UFV-116 dan OCEPAR-19 tanpa sekam ( <i>hulled</i> ) (Brazil); kedelai kuning berhilum (mata biji) hitam dan putih (Belanda); ZH13 dan JY 73 (China);	Q1; Q1; Q1
	Asam lemak jenuh	15,83% dari total lemak	Zhong et al, 2015	Kacang kedelai hitam (China)	Q1
	Asam lemak tak jenuh tunggal	23,15% dari total lemak	Zhong et al, 2015	Kacang kedelai hitam (China)	Q1
	Asam lemak tak jenuh jamak	60,93% dari total lemak	Zhong et al, 2015	Kacang kedelai hitam (China)	Q1
3	Karbohidrat	22,98 25,06%	– Esteves et al, 2010	UFV-116 dan OCEPAR-19 tanpa sekam ( <i>hulled</i> ) (Brazil);	Q1
	Pati	17,80%	Zhong et al, 2015	Kacang kedelai hitam (China)	Q1
	Serat pangan tak larut air	0,55 – 0,83%	Esteves et al, 2010	Kedelai kuning UFV-116 dan OCEPAR-19 tanpa sekam ( <i>hulled</i> ) (Brazil)	Q1
	Serat pangan	1,28 – 1,55%	Esteves et al,	Kedelai kuning UFV-116 dan OCEPAR-19 tanpa sekam ( <i>hulled</i> )	Q1

No	Nutrien	Kadar ( <i>dry base</i> )	Referensi	Keterangan	Kualitas Jurnal
	larut air		2010	(Brazil)	
	Total serat pangan	2,10 – 2,11%; 6%	Esteves et al, 2010 ; Woumbo et al, 2017	Kedelai kuning UFV-116 dan OCEPAR-19 tanpa sekam ( <i>hulled</i> ) (Brazil); kedelai kuning dengan sekam ( <i>unhulled</i> ) (Cameroon, Africa)	Q1; Q1
4	Abu (mineral)	4,31 – 6,62%	Esteves et al, 2010 ; Mo et al, 2013	Kedelai kuning UFV-116 dan OCEPAR-19 tanpa sekam ( <i>hulled</i> ) (Brazil); kedelai kuning berhilum (mata biji) hitam dan putih (Belanda)	Q1; Q1
	Kalium	11,7 – 20,5 mg/100g	Nwosu et al, 2019	Kedelai kuning NG/AA/SEP/09/166, NG/MR/11/11/060, NG/SA/07/100, NG/SA/JAN/09/48, NGB 00111, NGB 00113, NGB 00116, NGB 01318, TGX 1019-2EB, TGX 1019-2EN, TGX 1440-1E, TGX 1448-2E, TGX 1485-1D, TGX 1835-10E, TGX 1904-6F, TGX 1951-3F, TGX 1987-62F, TGX 1989-19F, TGX 923-2E, TGX1987-10F (Nigeria)	<i>Not listed</i>
	Natrium	1,0 – 5,9 mg/100g	Nwosu et al, 2019	Kedelai kuning NG/AA/SEP/09/166, NG/MR/11/11/060, NG/SA/07/100, NG/SA/JAN/09/48, NGB 00111, NGB 00113, NGB 00116, NGB 01318, TGX 1019-2EB, TGX 1019-2EN, TGX 1440-1E, TGX 1448-2E, TGX 1485-1D, TGX 1835-10E, TGX 1904-6F, TGX 1951-3F, TGX 1987-62F, TGX 1989-19F, TGX 923-2E, TGX1987-10F (Nigeria)	<i>Not listed</i>
	Kalsium	6,1 – 16,6 mg/100g	Nwosu et al, 2019	Kedelai kuning NG/AA/SEP/09/166, NG/MR/11/11/060, NG/SA/07/100, NG/SA/JAN/09/48, NGB 00111, NGB 00113, NGB 00116, NGB 01318, TGX 1019-2EB, TGX 1019-2EN, TGX 1440-1E, TGX 1448-2E, TGX 1485-1D, TGX 1835-10E, TGX 1904-6F, TGX 1951-3F, TGX 1987-62F, TGX 1989-19F, TGX 923-2E, TGX1987-10F (Nigeria)	<i>Not listed</i>
	Magnesium	0,8 – 8,8 mg/100g	Nwosu et al, 2019	Kedelai kuning NG/AA/SEP/09/166, NG/MR/11/11/060, NG/SA/07/100, NG/SA/JAN/09/48, NGB 00111, NGB 00113, NGB 00116, NGB 01318, TGX 1019-2EB, TGX 1019-2EN, TGX 1440-	<i>Not listed</i>

No	Nutrien	Kadar ( <i>dry base</i> )	Referensi	Keterangan	Kualitas Jurnal
				1E, TGX 1448-2E, TGX 1485-1D, TGX 1835-10E, TGX 1904-6F, TGX 1951-3F, TGX 1987-62F, TGX 1989-19F, TGX 923-2E, TGX1987-10F (Nigeria)	
	Fosfor	2,7 – 8,8 mg/100g	Nwosu et al, 2019	Kedelai kuning — NG/AA/SEP/09/166, NG/MR/11/11/060, NG/SA/07/100, NG/SA/JAN/09/48, NGB 00111, NGB 00113, NGB 00116, NGB 01318, TGX 1019-2EB, TGX 1019-2EN, TGX 1440-1E, TGX 1448-2E, TGX 1485-1D, TGX 1835-10E, TGX 1904-6F, TGX 1951-3F, TGX 1987-62F, TGX 1989-19F, TGX 923-2E, TGX1987-10F (Nigeria)	<i>Not listed</i>
5	Prekursor vitamin A (beta karoten)	2,22 – 3,14 µg/g	Huang et al, 2016	Kacang kedelai kuning dan hitam (China)	Q1
6	Vitamin (Tiamin)	B1 1,0 – 0,9 mg/kg	Kim et al, 2014	Kedelai kuning Shingi (Korea); Kedelai hitam Cheongjakong, Cheongjakong 2, Cheongjakong 3, Heugmi, Daeheug, Mirang, Ilpumgeumjeong, Ilpumgeumjeong 2, Heugseong, Tawon (Korea)	Q1
7	Vitamin (Riboflavin)	B2 1,2 – 2,0 mg/kg; 1,2 – 2,0 mg/kg	Huang et al, 2016 Kim et al, 2014	Kedelai kuning Shingi (Korea) dan kedelai kuning komersial (China); Kedelai hitam Cheongjakong, Cheongjakong 2, Cheongjakong 3, Heugmi, Daeheug, Mirang, Ilpumgeumjeong, Ilpumgeumjeong 2, Heugseong, Tawon;	Q1
8	Vitamin (Niacin)	B3 40,0 – 21,6 mg/kg	Kim et al, 2014	Kedelai kuning Shingi (Korea); Kedelai hitam Cheongjakong, Cheongjakong 2, Cheongjakong 3, Heugmi, Daeheug, Mirang, Ilpumgeumjeong, Ilpumgeumjeong 2, Heugseong, Tawon (Korea)	Q1
9	Vitamin (Asam pantotenat)	B5 10,3 – 3,4 mg/kg	Kim et al, 2014	Kedelai kuning Shingi (Korea); Kedelai hitam Cheongjakong, Cheongjakong 2, Cheongjakong 3, Heugmi, Daeheug, Mirang, Ilpumgeumjeong, Ilpumgeumjeong 2, Heugseong, Tawon (Korea)	Q1
10	Vitamin (Piridoksin)	B6 9,4 – 2,2 mg/kg	Kim et al, 2014	Kedelai kuning Shingi (Korea); Kedelai hitam Cheongjakong, Cheongjakong 2, Cheongjakong 3, Heugmi, Daeheug, Mirang, Ilpumgeumjeong, Ilpumgeumjeong 2, Heugseong, Tawon (Korea)	Q1

No	Nutrien	Kadar ( <i>dry base</i> )	Referensi	Keterangan	Kualitas Jurnal
11	Vitamin B9 (Folat)	220,7 – 267,1 µg/100g	Mo et al, 2013	Kedelai kuning berhilum (mata biji) hitam dan putih (Belanda)	Q1
12	Vitamin B12 (Kobalamin)	Tidak terdeteksi (µg/100g)	Mo et al, 2013	Kedelai kuning berhilum (mata biji) hitam dan putih (Belanda)	Q1
13	Vitamin C	34,8 – 88,7 mg/100 g	Kumar et al, 2013	Edamame AGS432, AGS 433, AGS434, AGS435, AGS436, AGS437, AGS438, AGS439, AGS440, Dada-cha 2000, Dada-cha ma-me, GC98017-7-196-1-2-BNG, Kegone, ASG328 Kohine, ASG328 Sricanan (India)	Q2
14	Vitamin E	181,9 - 322,2 µg/g	Xu et al, 2015	Kedelai kuning ZH13 dan JY73 (China)	Q1



Tabel 14. menunjukkan kandungan nutrisi kacang kedelai dari berbagai literatur. Kacang kedelai yang dijual secara komersial memiliki kandungan protein sekitar 36,0 – 42,0% dan lemak sekitar 18,0 – 22,0%, namun terdapat jenis kacang kedelai yang tinggi protein dan yang tinggi lemak (Xu et al, 2015). Menurut studi Xu et al (2015), kacang kedelai jenis Zhonghuang 13 (ZH13) yang tinggi akan protein, memiliki kandungan protein sebesar 43,73% dan lemak sebesar 19,10%, sedangkan jenis Jiyu 73 (JY73) memiliki kandungan protein sebesar 39,24% dan lemak 23,01%, kedua jenis kacang kedelai ini berasal dari China. Kedelai ZH13 mengandung lebih banyak asam lemak tak jenuh tunggal dan asam oleat, sementara kedelai JY73 lebih tinggi akan asam lemak tidak jenuh jamak, termasuk di antaranya asam linolenat dan asam  $\alpha$ -linolenat (Xu et al, 2015).

Vitamin E merupakan antioksidan larut lemak yang mampu membantu mencegah oksidasi lipid dan merupakan nutrisi yang esensial bagi kesehatan (Chung et al, 2017). Senyawa-senyawa vitamin E yang terdapat di kacang kedelai di antaranya  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, dan  $\delta$ -tokoferol.  $\gamma$ -Tokoferol merupakan komponen vitamin E utama yang memiliki aktivitas antioksidan tertinggi dibandingkan jenis tokoferol lain yang telah disebutkan (Chung et al, 2017).

Menurut penelitian Zhong et al (2015), kacang kedelai hitam mentah (China), memiliki kandungan asam lemak tak jenuh jamak (PUFA) dengan persentase tertinggi yaitu 60,93%, kemudian diikuti asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) sebanyak 23,15%, dan terakhir asam lemak jenuh (SFA) sebanyak 15,83% dari total lemak yang dikandungnya. Sedangkan persentase asam lemak per jenisnya dari tertinggi hingga terendah adalah asam linoleat (54,0%), oleat (23,9%), asam palmitat (11,3%), asam  $\alpha$ -linolenat (6,1%) (Zhong et al, 2015).

Kacang kedelai edamame merupakan kacang kedelai dengan genotip khusus yang dipanen saat kacang belum mengering dan menguning. Edamame seringkali dikonsumsi sebagai *snack*, dan diolah dengan direbus dengan air garam. Menurut Kumar et al (2013), kacang kedelai edamame memiliki kandungan vitamin C yang jumlahnya mirip dengan *vegetable legume* (kacang yang dikonsumsi saat sudah dewasa namun belum

mengering) lainnya. Vitamin C ini memiliki kemampuan antioksidatif bersama dengan senyawa fenolik dan isoflavon yang terdapat pada kacang kedelai edamame (Kumar et al, 2013). Menurut Kumar et al (2013), kacang kedelai edamame dengan genotip ‘Dadacha 2000’, ‘ASG328 Kohine’, dan ‘ASG328 Sricanan’, memiliki sifat antioksidatif yang tinggi setelah dibandingkan dengan 13 genotip lainnya.

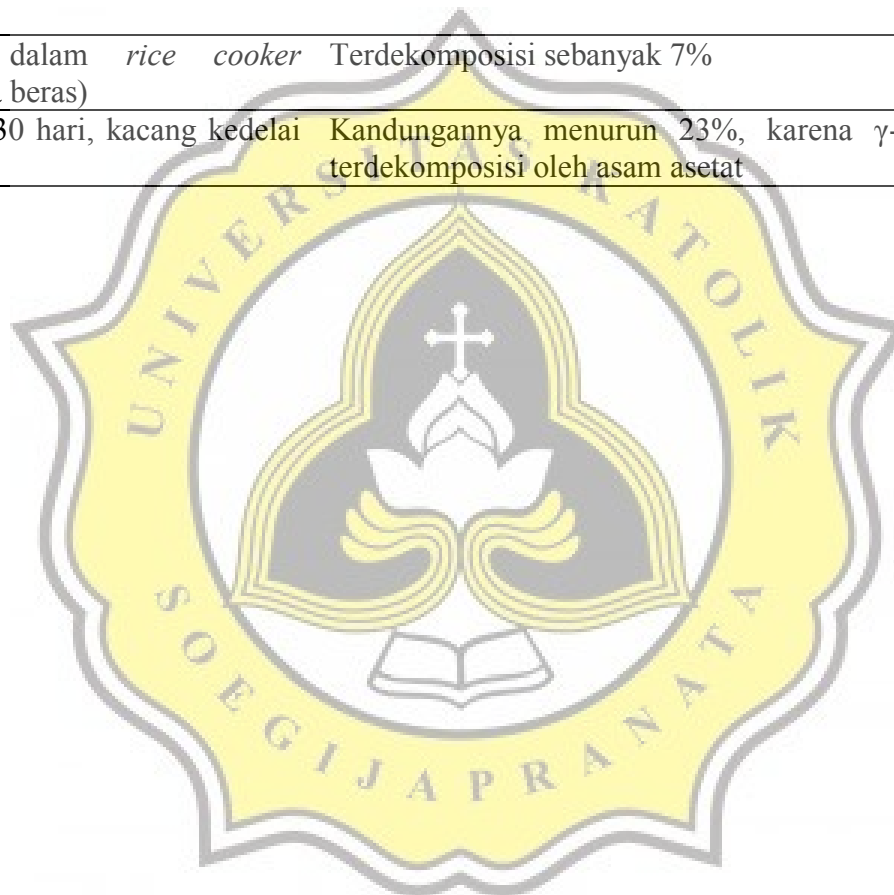


Tabel 15. Pengaruh Pengolahan ke Kandungan Nutrien Kacang Kedelai

No	Nutrien	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
1	Protein	Pengecambahan (36 jam)	Peningkatan kadar asam amino bebas 111,50%	Kanetro, 2018	Q3
2	Serat pangan	Penghilangan sekam	Penurunan kadar serat pangan 25,40%	Woumbo et al, 2017	Q1
		Penghilangan sekam dan perebusan	Penurunan kadar serat pangan 60,32%	Woumbo et al, 2017	Q1
3	Pati	<i>Microwave</i> (2450 MHz, 30 min, suhu final 100° C, kacang kedelai hitam)	Penurunan kandungan pati karena larut dalam air pengolahan (14,16%)	Zhong et al, 2015	Q1
4	Prekursor vitamin A (beta karoten)	Pengecambahan (3 hari, suhu 25° C, kedelai kuning dan hitam)	Terjadi peningkatan kadar beta karoten secara signifikan (80,18%)	Huang et al, 2016	Q1
5	Vitamin B2 (Riboflavin)	Pengecambahan (3 hari, suhu 25° C, kedelai kuning dan hitam)	Pada kacang kedelai kuning, kadar vitamin B2 terjadi peningkatan 151,87% daripada kacang kedelai kuning mentah, sedangkan pada kacang kedelai hitam peningkatannya 79,30%	Huang et al, 2016	Q1
6	Vitamin B9 (Folat)	Difermentasi (menjadi tempe, 48 jam, <i>Rhizopus microsporus var. microsporus</i> LU573)	Terjadi peningkatan kadar vitamin B9 65,46%	Mo et al, 2013	Q1
		Diproses menjadi tahu	Terjadi penurunan kadar vitamin B9 42,04%	Mo et al, 2013	Q1
7	Vitamin B12	Difermentasi (menjadi tempe, 48 jam, <i>Rhizopus microsporus var. microsporus</i> LU573)	Terdapat kenaikan kadar vitamin B12 yang tidak terdeteksi pada kedelai mentah (0,49 µg/kg)	Mo et al, 2013	Q1
		Diproses menjadi tahu	Tidak terdeteksi adanya vitamin B12	Mo et al, 2013	Q1



No	Nutrien	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
8	Vitamin E	<i>Microwave</i>	Penurunan kadar vitamin E sebanyak 40%	Chung et al, 2017	Q2
		Diolah dalam <i>rice cooker</i> (bersama beras)	Terdekomposisi sebanyak 7%	Chung et al, 2017	Q2
		Diacar (30 hari, kacang kedelai hitam)	Kandungannya menurun 23%, karena $\gamma$ -tokoferol terdekomposisi oleh asam asetat	Chung et al, 2017	Q2



Perlakuan pembuangan sekam (*hulling*), dapat memengaruhi kandungan nutrisi dari kacang kedelai. Woumbo et al (2017) melakukan beberapa perlakuan terhadap kacang kedelai kuning dari Cameroon agar dapat mengetahui efek pemasakan (pemanggangan dan perebusan), pengecambahan, dan penghilangan sekam ke kandungan serat pangan, senyawa fenolik, dan total flavonoid. Dengan dibuangnya sekam, kandungan serat pangan pada kacang kedelai menurun (Woumbo et al, 2017). Perlakuan pemasakan tidak berpengaruh secara signifikan pada kandungan serat pangan secara keseluruhan, namun perlakuan perebusan pada kacang kedelai tanpa sekam menghasilkan kandungan serat pangan terendah dibandingkan semua perlakuan lainnya (Woumbo et al, 2017). Serat pangan memiliki potensi menyebabkan efek mengenyangkan yang lebih lama, terutama serat yang larut air, karena serat akan mengisi lambung namun tidak dapat dicerna. Karena itu, menurut percobaan Woumbo et al (2017), ditemukan bahwa kedelai memiliki potensi menurunkan asupan makanan untuk menurunkan nafsu makan dan mengurangi obesitas pada tikus Wistar.

Menurut berbagai artikel, dikatakan bahwa kacang kedelai tergolong sebagai *complete protein*, yaitu memiliki asam amino esensial yang lengkap (Fialkowski Revilla et al, 2018; Schulmerich et al, 2013). Menurut Kanetro (2018), pengecambahan kacang kedelai dapat menyebabkan berubahnya profil asam amino, baik total masing-masing asam amino maupun kadar asam amino yang bebas. Beberapa asam amino dapat menstimulasi sekresi hormon insulin sehingga baik untuk dikonsumsi bagi penderita diabetes mellitus tipe 2, asam amino tersebut adalah *leucine*, *isoleucine*, *arginine*, *alanine*, *phenylalanine*, *lysine*, dan *methionine* (Kanetro, 2018). Asam amino tersebut yang mengalami peningkatan kadar asam amino bebas setelah dilakukan pengecambahan selama 36 jam adalah *alanine*, *leucine*, *lysine*, dan *phenylalanine* (Kanetro, 2018). Berikut merupakan profil asam amino dari kacang kedelai menurut Schulmerich et al (2013).

Tabel 16. Profil Asam Amino Kacang Kedelai (Schulmerich et al, 2013)

<b>Asam Amino</b>	<b>% dari total protein</b>
<b>Esensial</b>	
<i>Leucine</i>	7,7
<i>Lysine</i>	6,3
<i>Phenylalanine</i>	4,9
<i>Valine</i>	4,7
<i>Isoleucine</i>	4,6
<i>Threonine</i>	4,1
<i>Histidine</i>	2,6
<i>Tryptophan</i>	1,4
<i>Methionine</i>	1,3
<b>Non Esensial</b>	
<i>Glutamic acid</i>	18,3
<i>Aspartic acid</i>	11,9
<i>Arginine*</i>	7,3
<i>Proline</i>	5,5
<i>Serine</i>	5,5
<i>Alanine</i>	4,5
<i>Glycine</i>	4,4
<i>Tyrosine*</i>	3,6
<i>Cysteine*</i>	1,5

Keterangan :

\* = terkadang dianggap esensial pada anak-anak hewan untuk menunjang pertumbuhan

#### 4.1.2. Kandungan Zat Fungsional Kacang Kedelai

Isoflavon adalah suatu zat fungsional yang termasuk pada jenis flavonoid dalam kacang kedelai yang jika dikonsumsi dapat menurunkan risiko penyakit kronis seperti kanker payudara, osteoporosis, dan penyakit jantung koroner (Chen et al, 2019). Hal ini disebabkan karena isoflavon memiliki potensi efek estrogenik dan secara struktural menyerupai estrogen pada mamalia sehingga disebut juga sebagai fitoestrogen (Stocco et al, 2015).

Isoflavon utama pada kacang kedelai umumnya ditemukan dalam empat bentuk yaitu *glycoside*, *acetylglycoside*, *malonylglycoside*, dan *aglycone* (Stocco et al, 2015). Tiga bentuk *aglycone* yaitu genistein, glycitein dan daidzein (Chen et al, 2019). Sedangkan tiga bentuk *glycoside* adalah genistin, daidzin, dan glycitin (Ranilla et al, 2009). Menurut Stocco et al (2015), kandungan daidzein dan genistein pada kacang kedelai tidak terlalu tinggi meskipun memiliki aktivitas biologis yang paling tinggi. Daidzein

dan genistein sendiri merupakan fitoestrogen yang berpotensi menggantikan terapi estrogen atau progesteron yang dapat meningkatkan insiden kanker payudara pada perempuan *post-menopause* (Stocco et al, 2015). Kedua zat tersebut juga ditemukan dapat membantu meningkatkan kemampuan kognitif pada laki-laki dan perempuan, seperti kemampuan spasial dan memori (Thorp et al, 2009).

Pengolahan sangat berpengaruh pada kandungan isoflavon pada kacang kedelai. Perlakuan pengestrakan dengan air panas, seperti pada pembuatan tahu dan susu kedelai, dapat menghidrolisis *malonylglucosides* dan menghasilkan lebih banyak  $\beta$ -*glucosides* (Chen et al, 2019). Kemudian, fermentasi kacang kedelai oleh mikroorganisme yang menghasilkan  $\beta$ -*glucosidase* dapat meningkatkan isoflavon *aglycone* pada produk akhirnya (Chen et al, 2019 ; Stocco et al, 2015). Bentuk *aglycone* sendiri sebenarnya lebih mudah diserap oleh manusia serta memiliki *bio-availability* yang lebih tinggi dari pada  $\beta$ -*glucosides* ; di dalam usus juga  $\beta$ -*glucoside* diubah menjadi bentuk *aglycone* oleh enzim usus (Chen et al, 2019). Selain itu fermentasi juga membantu meningkatkan peptida dalam kacang kedelai oleh karena hidrolisis protein oleh enzim-enzim mikroorganisme yang digunakan (Stocco et al, 2015).

Isoflavon pada kacang kedelai didominasi oleh turunan dari *daidzein* termasuk *acetyldaidzin*, *daidzin*, *daidzein*, dan *malonyldaidzin*, kemudian diikuti dengan turunan dari *genistein* dan *glycitein* (Chen et al, 2019). Pada penelitian Chen et al. (2019) menggunakan kacang kedelai dan sayuran lain dari China, ditemukan bahwa kandungan isoflavon tertinggi pada kacang kedelai mentah adalah dalam bentuk *malonylglucosidic* sedangkan setelah perebusan yang tertinggi adalah bentuk  $\beta$ -*glucosidic* dan total *aglycone* menurun 25% (Chen et al, 2019). Penurunan dari *aglycone* (*aglycone*, *daidzein*, *glycitein* atau *acetyl-glucosides*) akibat pemanasan ini hampir seluruhnya menyebabkan peningkatan kadar *glucoside* (*daidzin* atau *glycitin*) (Chen et al, 2019).

Ketika diberikan perlakuan penggorengan dengan berbagai suhu dan waktu yang berbeda serta ketika digoreng bersamaan dengan sayuran lain, terdapat perubahan pada kandungan isoflavon kacang kedelai. Seiring dengan peningkatan suhu, terjadi peningkatan total isoflavon hingga pada suhu 160° C, total isoflavon pada kacang

kedelai menurun. Pada penggorengan dengan campuran sayuran lain, ditemukan bahwa total isoflavonnya meningkat lebih tinggi daripada tanpa campuran sayuran lain. Kandungan *aglycone* pada kacang kedelai mengalami penurunan yang signifikan, terutama pada penggorengan dengan campuran sayuran lain. Tingkat penurunan ini lebih tinggi dari pada perlakuan perebusan (Chen et al, 2019). Pada pemanasan suhu 60° C, terjadi penurunan drastis kandungan *aglycone*, kemudian mengalami peningkatan (Chen et al, 2019).

Proses pengolahan tidak hanya berpengaruh pada isoflavon saja. Senyawa seperti polifenol juga dapat berkurang 60-80% saat pengolahan. Perlakuan panas pada zat polifenol dan flavonoid dapat menyebabkan perubahan seperti degradasi zat tersebut dan pelepasan ikatan fenolik pada polifenol, meskipun pada sayuran tertentu ditemukan bahwa perlakuan panas juga dapat membentuk senyawa baru (Chen et al, 2019). Namun sejauh ini disimpulkan bahwa pemanasan menurunkan kandungan zat polifenol dan flavonoid pada kacang kedelai (Chen et al, 2019). Untuk aktivitas antioksidannya, perebusan kacang kedelai menyebabkan penurunan aktivitas antioksidan, sedangkan penggorengan pada suhu 120° C selama 5 menit meningkatkan aktivitas antioksidannya secara signifikan (Chen et al, 2019). Jika dibandingkan antara proses perebusan dengan pengukusan, proses perebusan menghilangkan lebih banyak polifenol (Chen et al, 2019).

Pada penelitian Woumbo et al (2017), ditemukan bahwa total senyawa fenolik pada kacang kedelai tidak secara signifikan dipengaruhi oleh perlakuan pemasakan (pemanggangan dan perebusan), perkecambahan, dan penghilangan sekam. Sedangkan untuk total kandungan flavonoid, pada perlakuan pemanggangan terjadi penurunan yang signifikan, tetapi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap perlakuan pengecambahan, perebusan, maupun penghilangan sekam (Woumbo et al, 2017). Woumbo et al (2017) menyimpulkan bahwa perlakuan pemasakan dapat merubah *phytochemical* dari kacang kedelai dan menurunkan kemampuan *hypoglycemic*-nya; dan bahwa perebusan mempertahankan komponen bioaktif dan potensi anti-obesitas kacang kedelai lebih banyak daripada pemanggangan, dan pengecambahan (Woumbo et al, 2017).

Salah satu cara mengolah kacang kedelai yang dapat meningkatkan total kandungan fenolik dan aktivitas antioksidannya secara keseluruhan adalah dengan melakukan fermentasi kacang kedelai dengan bakteri *Bacillus subtilis subsp. Natto*, menjadi suatu produk bernama natto (Ketnawa & Ogawa, 2019). Fermentasi yang terjadi menyebabkan terjadinya pemecahan ikatan-ikatan beberapa senyawa nutrisi pada kacang kedelai menjadi peptida yang berat molekulnya lebih rendah, oligosakarida dan monosakarida. Akibatnya, bioavailabilitas atau kemampuan dicernanya protein serta nutrisi lain dalam kacang kedelai menjadi meningkat. Akibat lainnya adalah meningkatnya kadar polifenol bebas, yang bersama dengan peptida rantai pendek menyebabkan peningkatan aktivitas antioksidan (Ketnawa & Ogawa, 2019). Natto juga memiliki kadar asam amino bebas yang lebih tinggi daripada kacang kedelai mentah (Ketnawa & Ogawa, 2019).

Kacang kedelai hitam kaya akan flavonoid dan polifenol, termasuk di antaranya antosianin, prosianidin, katekin dan protokatekin (Zhong et al, 2015 ; Zilic et al, 2013). Polifenol dan flavonoid tersebut banyak terdapat pada bagian sekam kacang kedelai hitam dan memiliki bioaktivitas yang positif jika dikonsumsi (Zhong et al, 2015 ; Zilic et al, 2013). Yang paling membedakan kacang kedelai kuning dan hitam adalah jumlah antosianin dan proantosianidin yang terdapat pada lapisan luar biji atau sekam, yang mana pada kacang kedelai hitam sangat kaya akan dua senyawa tersebut (Zilic et al, 2013). Menurut Zilic et al (2013), pigmen antosianin ini memiliki potensi anti radang untuk mengurangi risiko kanker usus besar. Jika dibandingkan kandungan senyawa fenoliknya serta flavonoidnya, sekam kacang kedelai kuning memiliki kadar total senyawa fenolik dan flavonoid paling rendah, kemudian diikuti kacang kedelai hitam tanpa sekam, kacang kedelai kuning tanpa sekam, dan tertinggi pada sekam kacang kedelai hitam (Zilic et al, 2013). Namun pada kacang kedelai terdapat enzim-enzim yang dapat mengganggu aktivitas antioksidan seperti enzim lipoksigenase dan peroksidase. Enzim lipoksigenase ini terdapat lebih banyak pada kacang kedelai tanpa sekam, sedangkan peroksidase lebih terdapat pada sekamnya.

Pada kacang kedelai hitam dan kuning, terdapat saponin yang memiliki sifat anti kanker dan aktivitas hipokolestrolemik. Saponin pada kacang kedelai kuning lebih rendah daripada pada kacang kedelai hitam (Huang et al, 2016). Setelah dilakukan pengecambahan pada kacang kedelai kuning, kadar saponinnya meningkat secara signifikan dari 17.49 mg/g menjadi 23.39 mg/g, sedangkan pada kacang kedelai hitam, kadar saponinnya malah berkurang namun secara tidak signifikan (Huang et al, 2016). Menurut Hiwatashi et al (2010), saponin sebenarnya merupakan inhibitor renin dapat tergolong sebagai zat anti nutrisi, namun ternyata saponin juga memiliki efek menurunkan tekanan darah pada tikus yang mengalami hipertensi.



Tabel 17. Pengaruh Pengolahan ke Kandungan Zat Fungsional Kacang Kedelai

No	Zat Fungsional	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
1	<i>malonylglucosides</i>	Pengekstrakan kedelai dengan air panas	<i>Malonylglucosides</i> terhidrolisis menghasilkan $\beta$ - <i>glucosides</i>	Chen et al, 2019	<i>Not listed</i>
	$\beta$ - <i>glucosides</i>	Fermentasi (dengan bakteri yang memiliki enzim $\beta$ - <i>glucosidase</i> )	Berubah menjadi isoflavon <i>aglycone</i>	Chen et al, 2019 ; Stocco et al, 2015	<i>Not listed; Q2</i>
	<i>Aglycone</i> ( <i>daidzein</i> , <i>glycitein</i> atau <i>acetyl-glucosides</i> )	Perebusan (100° C, 5 min)	Berubah menjadi <i>glucoside</i> ( <i>daidzin</i> atau <i>glycitin</i> )	Chen et al, 2019	<i>Not listed</i>
		Penggorengan (60° C, 120° C, 160° C, 2 min, 5 min)	Berubah menjadi <i>glucoside</i> ( <i>daidzin</i> atau <i>glycitin</i> )  Kandungan <i>aglycone</i> menurun secara signifikan  60° C, 2 min → Penurunan 74,35% 60° C, 5 min → Penurunan 74,17% 120° C, 2 min → Penurunan 72,17% 120° C, 5 min → Peningkatan 8,36% 160° C, 2 min → Penurunan 71,9% 160° C, 5 min → Penurunan	Chen et al, 2019	<i>Not listed</i>



No	Zat Fungsional	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
			62,7%		
	<i>Daidzein</i>	Difermentasi (menjadi tempe, 48 jam, <i>Rhizopus microsporus</i> var. <i>microsporus</i> LU573)	Terjadi peningkatan kadar <i>daidzein</i> 868,22%	Mo et al, 2013	Q1
		Diolah menjadi tahu	Terjadi peningkatan kadar <i>daidzein</i> 1712,15%	Mo et al, 2013	Q1
	<i>Glycitein</i>	Difermentasi (menjadi tempe, 48 jam, <i>Rhizopus microsporus</i> var. <i>microsporus</i> LU573)	Terjadi peningkatan kadar <i>glycitein</i> 1728,57%	Mo et al, 2013	Q1
		Diolah menjadi tahu	Terjadi peningkatan kadar <i>glycitein</i> 2871,43%	Mo et al, 2013	Q1
	<i>Genistein</i>	Difermentasi (menjadi tempe, 48 jam, <i>Rhizopus microsporus</i> var. <i>microsporus</i> LU573)	Terjadi peningkatan kadar <i>genistein</i> 773,28%	Mo et al, 2013	Q1
		Diolah menjadi tahu	Terjadi peningkatan kadar <i>genistein</i> 1912,07%	Mo et al, 2013	Q1
2	Senyawa fenolik	Pemanasan (pemanggangan, perebusan, pengukusan)	Terjadi degradasi dan pelepasan ikatan fenolik Penurunan kadar 30 – 60%	Chen et al, 2019 ;	<i>Not listed</i>
3	Flavonoid	Pemanggangan	Penurunan kandungan flavonoid 100% (signifikan)	Woumbo et al, 2017	Q1

#### 4.1.3. Kandungan Zat Anti Nutrisi Kacang Kedelai

Meskipun kaya akan nutrisi, kacang kedelai juga memiliki zat-zat anti nutrisi. Zat anti nutrisi pada kedelai di antaranya adalah asam fitat dan inhibitor protease (inhibitor tripsin dan inhibitor kimotripsin) (Carvalho et al, 2013; Chen et al, 2019; Ketnawa & Ogawa, 2019). Asam fitat dapat berikatan dengan peptida dan asam amino sehingga mengurangi bioavailabilitasnya serta menurunkan bioavailabilitas mineral, sedangkan inhibitor protease (inhibitor tripsin dan inhibitor kimotripsin) mengurangi kemampuan tercernanya protein sehingga menurunkan keterserapan asam amino esensial (Carvalho et al, 2013; Zhong et al, 2015).

Menurut Chen et al (2019), berbagai proses seperti perendaman, perebusan, pemanggangan, pengukusan dan/atau fermentasi dapat membantu menginaktivasi zat anti nutrisi seperti inhibitor tripsin, tetapi hal tersebut juga berpengaruh pada nutrisi yang lainnya. Menurut Zhong et al (2015), inhibitor tripsin merupakan protein dengan berat molekul yang rendah dan sensitif terhadap panas, karena panas dapat memicu reaksi deaminasi, pemisahan ikatan kovalen dan perubahan ikatan disulfida. Dalam penelitian Carvalho et al (2013) dengan menggunakan kacang kedelai UFVTN 105AP (Brazil), perlakuan panas dengan menggunakan oven pada suhu 150° C selama 30 menit dapat membantu mengurangi zat anti nutrisi seperti inhibitor tripsin dan mempertahankan kualitas protein dari kacang kedelai.

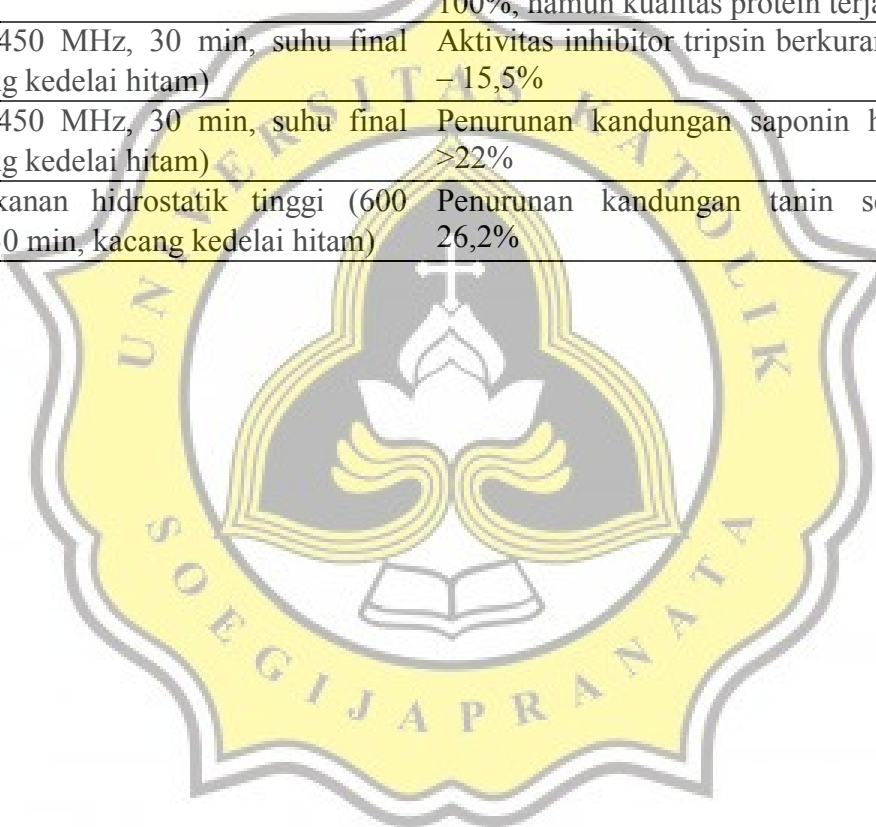
Pada kacang kedelai hitam, terdapat beberapa zat anti nutrisi seperti lektin, saponin, inhibitor enzim, asam fitat, dan tanin yang dapat mempersulit terserapnya nutrisi (Zhong et al, 2015). Inhibitor protease mampu mengganggu aktivitas *serine* protease dan menurunkan ketercernaan protein (Zhong et al, 2015). Tanin dapat menurunkan aktivitas enzim pencernaan dengan bereaksi dengan protein dan membentuk suatu kompleks yang *reversible* maupun *irreversible* (Zhong et al, 2015). Menurut Zhong et al (2015), perlakuan panas pada kacang kedelai hitam mengurangi 9,5% sampai 15,5% aktivitas inhibitor tripsin. Zhong et al (2015) juga menjelaskan adanya 2 jenis inhibitor tripsin, yaitu *Kunitz trypsin inhibitor* (KTI) yang labil terhadap panas dan *Bowman-Birk inhibitor* (BBI) yang lebih stabil terhadap panas.

Menurut Zhong et al (2015), kandungan asam fitat pada kacang kedelai hitam dapat berkurang dengan pengolahan, seperti dengan perlakuan *radio frequency* (27 MHz, 30 min, suhu final 90°C) yang menurunkan 27,6% kadar asam fitat. Penurunan tersebut juga terjadi dengan jumlah yang sama dengan perlakuan perebusan selama 60 min. Penurunan ini dapat disebabkan karena asam fitat sensitif terhadap perlakuan panas dan dapat membentuk kompleks dengan komponen lain (Zhong et al, 2015). Sedangkan pada tanin, terjadi penurunan juga sebesar 17,7% pada perlakuan *radio frequency* (27 MHz, 30 min, suhu final 90°C) dan 26.2% pada perlakuan pemberian tekanan hidrostatik tinggi (600 MPa, 60°C, 30 min) yang disebabkan oleh larutnya tanin ke dalam air dan pembentukan kompleks dengan senyawa lain.



Tabel 18. Pengaruh Pengolahan ke Kandungan Zat Anti Nutrisi Kacang Kedelai

No	Zat Anti Nutrisi	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
1	Inhibitor Tripsin	Pengovenan (150° C, 30 min)	Penurunan aktivitas inhibitor tripsin 100%, namun kualitas protein terjaga	Carvalho et al, 2013	Q2
		<i>Microwave</i> (2450 MHz, 30 min, suhu final 100° C, kacang kedelai hitam)	Aktivitas inhibitor tripsin berkurang 9,5 – 15,5%	Zhong et al, 2015	Q1
2	Saponin	<i>Microwave</i> (2450 MHz, 30 min, suhu final 100° C, kacang kedelai hitam)	Penurunan kandungan saponin hingga >22%	Zhong et al, 2015	Q1
3	Tanin	Pemberian tekanan hidrostatik tinggi (600 MPa, 60° C, 30 min, kacang kedelai hitam)	Penurunan kandungan tanin sebesar 26,2%	Zhong et al, 2015	Q1



#### 4.2. Kacang Lupin Putih

Kacang lupin putih memang belum banyak dikenal di Indonesia. Namun akhir-akhir ini, lupin putih mulai dilirik untuk dipelajari kembali karena memiliki dampak positif bagi kesehatan (Boschin & Arnoldi, 2011). Menurut Cazzato et al (2012), kacang lupin putih memiliki kandungan protein yang tinggi yang mirip dengan kedelai. Perbedaannya, tanaman lupin putih mampu tumbuh di daerah iklim sedang hingga dingin serta mengandung inhibitor tripsin, lektin, isoflavon, saponin, dan sianogen yang lebih rendah (Cazzato et al, 2012; Dalaram, 2017).

Kacang lupin putih memiliki dua tipe jenis kacang, yaitu kacang “manis” dan kacang yang “pahit” karena mengandung *quinolizidine alkaloids lupanine* dan *sparteine* (Abeshu & Kefale, 2017; Dalaram, 2017). Kedua zat tersebut merupakan senyawa alkaloid yang menyebabkan kacang lupin tidak banyak digunakan sebagai bahan pangan maupun pakan hewan. Sebelumnya lupin putih banyak digunakan sebagai *green manure* untuk menyuburkan tanah (Sedláková et al, 2016). Namun akhir-akhir ini konsumsi kacang lupin oleh manusia telah meningkat karena berkembangnya lupin manis yang kadar alkaloidnya lebih rendah (Dalaram, 2017; Sedláková et al, 2016). Menurut Sedláková et al (2016), lupin putih memiliki efek positif bagi kesehatan dan berpotensi mencegah berbagai penyakit dengan membuat cepat kenyang (menurunkan asupan makanan) sehingga memengaruhi keseimbangan energi, memengaruhi gula darah, memperbaiki lemak darah, memberikan efek positif pada hipertensi dan melancarkan buang air besar.

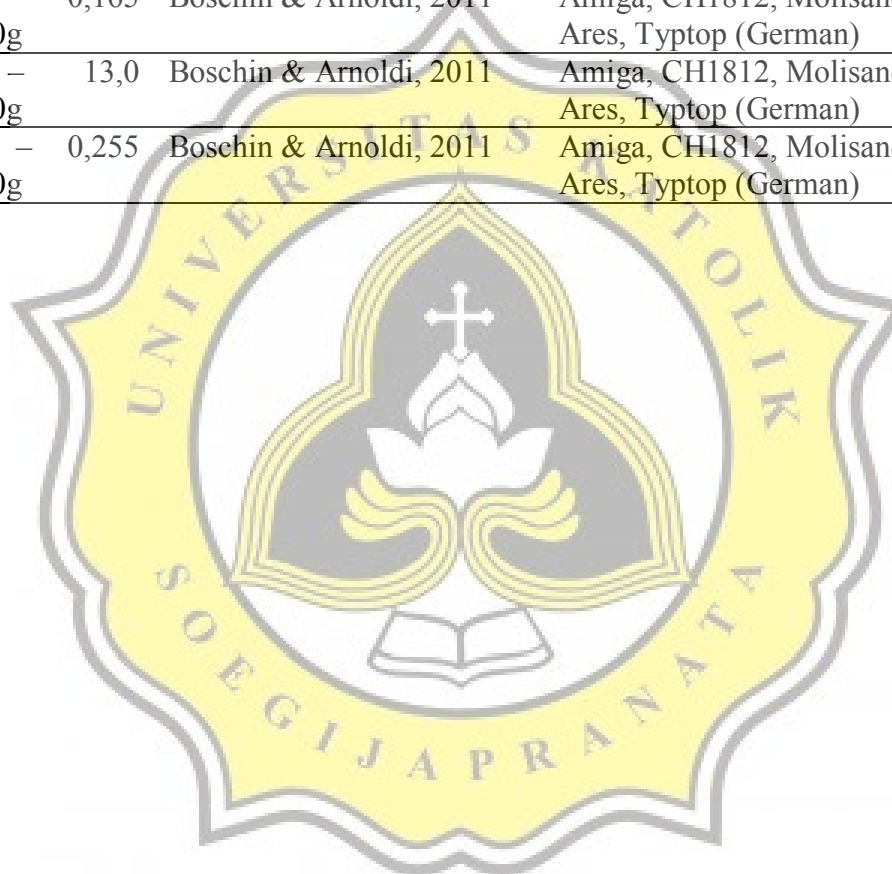
### 4.2.1. Kandungan Nutrisi Kacang Lupin Putih

Tabel 19. Kandungan Nutrien Kacang Lupin Putih Mentah

No	Nutrien	Kadar ( <i>dry base</i> )	Referensi	Keterangan	Kualitas Jurnal
1	Protein	30,6 – 46,3%	Cazzato et al, 2012 ; Elsamani et al, 2014 ; Thambiraj et al, 2019	Lupin putih dengan dan tanpa penambahan sulfur pada tanah tanam (Italy); Lupin putih Rubatab (Sudan); Lupin putih (Australia)	Q1; Q1; Q2
2	Lemak	7 – 14%	Borek et al, 2009 ; Boschin & Arnoldi, 2011 ; Elsamani et al, 2014	Lupin putih (Poland); Amiga, CH1812, Molisano, Multitalia (Italy) dan Ares, Typtop (German); Lupin putih Rubatab (Sudan)	Q1; Q1; Q1
	Asam lemak jenuh	10,47 – 11,47% dari total asam lemak	Cazzato et al, 2012	Lupin putih dengan dan tanpa penambahan sulfur pada tanah tanam (Italy)	Q1
	Asam lemak tak jenuh tunggal	65,48 – 67,32% dari total asam lemak	Cazzato et al, 2012	Lupin putih dengan dan tanpa penambahan sulfur pada tanah tanam (Italy)	Q1
	Asam lemak tak jenuh jamak	21,92 – 23,32% dari total asam lemak	Cazzato et al, 2012	Lupin putih dengan dan tanpa penambahan sulfur pada tanah tanam (Italy)	Q1
3	Karbohidrat	27,1 – 59,42%	Elsamani et al, 2014 ; Thambiraj et al, 2019	Lupin putih Rubatab (Sudan); Lupin putih (Australia)	Q1; Q2
	Polisakarida	45,6 g/kg	Thambiraj et al, 2019	Lupin putih (Australia)	Q2
	Pati	27,7 g/kg	Erbas, 2010	Lupin putih (Turkey)	Q2
	Total serat pangan	10,0 – 16,9%	Elsamani et al, 2014	Lupin putih Rubatab (Sudan)	Q1
4	Abu (mineral)	1,6 – 4,62%	Cazzato et al, 2012 ; Elsamani et al, 2014	Lupin putih dengan dan tanpa penambahan sulfur pada tanah tanam (Italy); Lupin putih Rubatab (Sudan)	Q1; Q1
	Kalium	8,6 – 12,3 g/kg	Cazzato et al, 2012 ;	Lupin putih dengan dan tanpa penambahan	Q1; Q1

No	Nutrien	Kadar ( <i>dry base</i> )	Referensi	Keterangan	Kualitas Jurnal
			Elsamani et al, 2014	sulfur pada tanah tanam (Italy); Lupin putih Rubatab (Sudan)	
	Natrium	0,1 – 0,33 g/kg	Cazzato et al, 2012 ; Elsamani et al, 2014	Lupin putih dengan dan tanpa penambahan sulfur pada tanah tanam (Italy); Lupin putih Rubatab (Sudan)	Q1; Q1
	Kalsium	1,4 – 4,3 g/kg	Cazzato et al, 2012 ; Elsamani et al, 2014	Lupin putih dengan dan tanpa penambahan sulfur pada tanah tanam (Italy); Lupin putih Rubatab (Sudan)	Q1; Q1
	Besi	0,05 – 0,09 g/kg	Cazzato et al, 2012	Lupin putih dengan dan tanpa penambahan sulfur pada tanah tanam (Italy)	Q1; Q1
	Fosfor	3,6 – 8,6 g/kg	Cazzato et al, 2012 ; Elsamani et al, 2014	Lupin putih dengan dan tanpa penambahan sulfur pada tanah tanam (Italy); Lupin putih Rubatab (Sudan)	Q1; Q1
5	Prekursor vitamin A (beta karoten)	1,12 µg/100 g	Lim, 2011	Lupin putih	<i>Not listed</i>
6	Vitamin (Tiamin)	B1 0,71 mg/100g	Lim, 2011	Lupin putih	<i>Not listed</i>
7	Vitamin (Riboflavin)	B2 0,25 mg/100g	Lim, 2011	Lupin putih	<i>Not listed</i>
8	Vitamin (Niacin)	B3 2,45 mg/100g	Lim, 2011	Lupin putih	<i>Not listed</i>
9	Vitamin B5 (Asam pantotenat)	0,84 mg/100g	Lim, 2011	Lupin putih	<i>Not listed</i>
10	Vitamin (Piridoksin)	B6 0,42 mg/100g	Lim, 2011	Lupin putih	<i>Not listed</i>
11	Vitamin B9 (Folat)	396,38 µg/100 g	Lim, 2011	Lupin putih	<i>Not listed</i>
12	Vitamin C	5,36 mg/100g	Lim, 2011	Lupin putih	<i>Not listed</i>
13	Vitamin E	6,3 – 11,9	Boschin & Arnoldi, 2011	Amiga, CH1812, Molisano, Multitalia (Italy) dan	Q1

No	Nutrien	Kadar ( <i>dry base</i> )	Referensi	Keterangan	Kualitas Jurnal
		mg/100g		Ares, Typtop (German)	
	$\alpha$ - tokoferol	0,067 – 0,165 mg/100g	Boschin & Arnoldi, 2011	Amiga, CH1812, Molisano, Multitalia (Italy) dan Ares, Typtop (German)	Q1
	$\gamma$ - tokoferol	6,1 – 13,0 mg/100g	Boschin & Arnoldi, 2011	Amiga, CH1812, Molisano, Multitalia (Italy) dan Ares, Typtop (German)	Q1
	$\delta$ -tokoferol	0,105 – 0,255 mg/100g	Boschin & Arnoldi, 2011	Amiga, CH1812, Molisano, Multitalia (Italy) dan Ares, Typtop (German)	Q1





Karena adanya zat anti nutrisi pada kacang lupin putih, kemampuan tercerna protein kacang lupin tidak bisa mencapai 100%. Pada lupin putih pahit mentah, ketercernaan proteinnya sebesar 78,55 %, dan pada lupin putih manis mentah sebesar 79,46% (Embaby 2010). Akibat berkurangnya zat anti nutrisi seperti yang dapat dilihat pada Tabel 23 pada penelitian oleh Embaby (2010) yang menggunakan berbagai pengolahan, ketercernaan protein pada lupin putih dapat meningkat. Dengan perlakuan pemasakan seperti perebusan, *microwave*, dan *autoclave*, ketercernaan protein meningkat secara signifikan, terutama dengan tambahan perlakuan perendaman dan penghilangan sekam (Embaby 2010). Pengolahan yang paling efektif adalah dengan perendaman, *autoclave*, dan penghilangan sekam, yang pada lupin putih pahit dan manis meningkatkan ketercernaan protein berturut-turut sebesar 16,6% dan 11,5% (Embaby, 2010). Lupin putih memiliki kandungan protein yang tinggi. Menurut Amarakoon (2009), fraksi protein pada lupin putih (kultivar Amiga, ditanam di Central Europe) bisa dijabarkan sebagai berikut: albumin sebanyak 40,3% (dari total protein), globulin sebanyak 40,1%, prolamin sebanyak 5,3%, glutamin sebanyak 6,4%, serta residu protein lain sebanyak 7,2%.

Kacang lupin putih mengandung lemak sebanyak 7 – 14% dari padatan keringnya (Borek et al, 2009; Boschini & Arnoldi, 2011; Cazzato et al, 2012). Komposisi lemak lupin putih termasuk di antaranya 50 – 60% asam oleat, 16 – 23% asam linolenat dan 8 – 9% asam  $\alpha$ -linolenat (Cazzato et al, 2012). Asam cis9 n-9 oleat merepresentasikan 86% dari total asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA), sedangkan asam linoleat merepresentasikan 93% dari total asam lemak tak jenuh jamak (PUFA). Menurut Khan et al (2015), lupin putih cukup kaya akan senyawa fitosterol, yaitu sebanyak 1,2% dari total lemak. Senyawa fitosterol ini memiliki kemiripan dengan komponen kolesterol pada binatang dan mampu membantu memindahkan kolesterol lipoprotein yang memiliki densitas rendah pada usus manusia (Khan et al, 2015).

Kacang lupin putih rendah akan pati yang menyebabkan kacang ini sangat unik jika dibandingkan dengan kacang-kacangan lainnya (Erbas, 2010; Noort, 2017). Meski begitu, lupin putih tinggi akan serat dan polisakarida yang mampu mengikat air dan menyebabkannya memiliki efek hipokolesterolemik (Noort, 2017). Menurut Thambiraj

et al (2019), kacang lupin putih mengandung polisakarida sebanyak 45,6 g/kg. Polisakarida ini diekstrak dan diuji, hingga ditemukan bahwa polisakarida kacang lupin putih memiliki potensi sebagai antioksidan, memiliki sifat immunostimulator, serta menunjukkan aktivitas prebiotik secara signifikan. Thambiraj et al (2019) menyimpulkan bahwa aktivitas biologis dari polisakarida kacang lupin bisa disebabkan karena kandungan galaktosa dan manosa pada kacang.



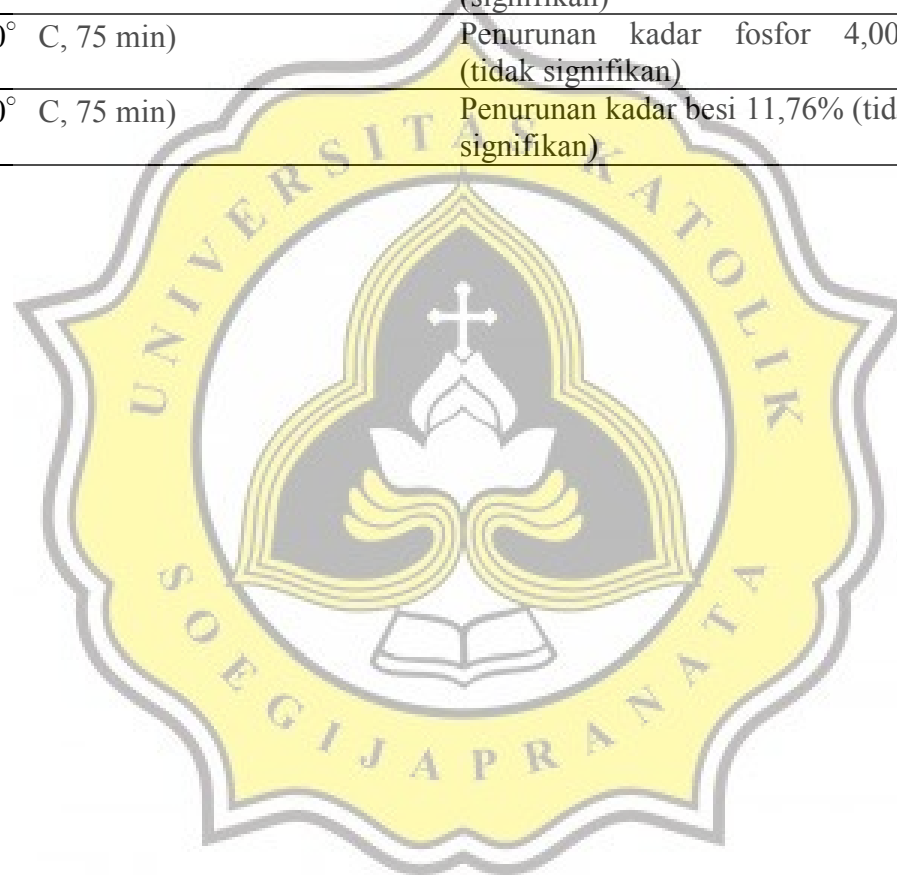
Tabel 20. Pengaruh Pengolahan ke Kandungan Nutrien Kacang Lupin Putih

No	Nutrien	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
1	Protein	Perebusan (150° C, 30 min; lupin putih manis)	Peningkatan kadar protein 1,19% (tidak signifikan)	Abeshu Kefale, 2017	& <i>Not listed</i>
		Fermentasi (fermentasi laktat secara natural; lupin putih manis)	Penurunan kadar protein 1,19% (tidak signifikan)	Abeshu Kefale, 2017	& <i>Not listed</i>
		Pengecambahan (25° C, 3 hari; lupin putih manis)	Peningkatan kadar protein 5,16% (signifikan)	Abeshu Kefale, 2017	& <i>Not listed</i>
		Direndam (selama 2 hari, penggantian air 2 kali sehari; lupin putih manis)	Peningkatan kadar protein 5,95% (signifikan)	Abeshu Kefale, 2017	& <i>Not listed</i>
		Perebusan (150° C, 30 min; lupin putih pahit)	Peningkatan kadar protein 3,84% (signifikan)	Abeshu Kefale, 2017	& <i>Not listed</i>
		Fermentasi (fermentasi laktat secara natural; lupin putih pahit)	Penurunan kadar protein 8,95% (signifikan)	Abeshu Kefale, 2017	& <i>Not listed</i>
		Pengecambahan (25° C, 3 hari; lupin putih pahit)	Peningkatan kadar protein 4,09% (signifikan)	Abeshu Kefale, 2017	& <i>Not listed</i>
		Direndam (selama 2 hari, penggantian air 2 kali sehari; lupin putih pahit)	Peningkatan kadar protein 5,63% (signifikan)	Abeshu Kefale, 2017	& <i>Not listed</i>
2	Lemak	Perebusan (150° C, 30 min; lupin putih manis)	Penurunan kadar lemak 2,15% (tidak signifikan)	Abeshu Kefale, 2017	& <i>Not listed</i>
		Fermentasi (fermentasi laktat secara natural; lupin putih manis)	Penurunan kadar lemak 11,83% (tidak signifikan)	Abeshu Kefale, 2017	& <i>Not listed</i>
		Pengecambahan (25° C, 3 hari; lupin putih manis)	Penurunan kadar lemak 22,53% (signifikan)	Abeshu Kefale, 2017	& <i>Not listed</i>
		Direndam (selama 2 hari, penggantian air 2 kali sehari; lupin putih manis)	Penurunan kadar lemak 4,30% (tidak signifikan)	Abeshu Kefale, 2017	& <i>Not listed</i>
		Perebusan (150° C, 30 min; lupin putih pahit)	Penurunan kadar lemak 7,14% (signifikan)	Abeshu Kefale, 2017	& <i>Not listed</i>

No	Nutrien	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
		Fermentasi (fermentasi laktat secara natural; lupin putih pahit)	Penurunan kadar lemak 0,89% (tidak signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Pengecambahan (25° C, 3 hari; lupin putih pahit)	Penurunan kadar lemak 17,86% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Direndam (selama 2 hari, penggantian air 2 kali sehari; lupin putih pahit)	Penurunan kadar lemak 5,36% (tidak signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
3	Karbohidrat	Perebusan (150° C, 30 min; lupin putih manis)	Peningkatan kadar karbohidrat 1,77% (tidak signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Fermentasi (fermentasi laktat secara natural; lupin putih manis)	Peningkatan kadar karbohidrat 6,19% (tidak signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Pengecambahan (25° C, 3 hari; lupin putih manis)	Penurunan kadar karbohidrat 12,39% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Direndam (selama 2 hari, penggantian air 2 kali sehari; lupin putih manis)	Peningkatan kadar karbohidrat 7,37% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Perebusan (150° C, 30 min; lupin putih pahit)	Peningkatan kadar karbohidrat 24,65% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Fermentasi (fermentasi laktat secara natural; lupin putih pahit)	Peningkatan kadar karbohidrat 25,12% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Pengecambahan (25° C, 3 hari; lupin putih pahit)	Peningkatan kadar karbohidrat 17,67% (tidak signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Direndam (selama 2 hari, penggantian air 2 kali sehari; lupin putih pahit)	Peningkatan kadar karbohidrat 3,26% (tidak signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
	Serat pangan	Perebusan (150° C, 30 min; lupin putih manis)	Penurunan kadar serat 3,83% (tidak signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Fermentasi (fermentasi laktat secara natural; lupin putih manis)	Peningkatan kadar serat 0,55% (tidak signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Pengecambahan (25° C, 3 hari; lupin putih	Peningkatan kadar serat 16,94%	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>

No	Nutrien	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
		manis)	(signifikan)	Kefale, 2017	
		Direndam (selama 2 hari, penggantian air 2 kali sehari; lupin putih manis)	Penurunan kadar serat 16,39% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Perebusan (150° C, 30 min; lupin putih pahit)	Penurunan kadar serat 19,31% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Fermentasi (fermentasi laktat secara natural; lupin putih pahit)	Penurunan kadar serat 9,66% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Pengecambahan (25° C, 3 hari; lupin putih pahit)	Penurunan kadar serat 17,93% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Direndam (selama 2 hari, penggantian air 2 kali sehari; lupin putih pahit)	Penurunan kadar serat 12,41% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
4	Abu	Perebusan (150° C, 30 min; lupin putih manis)	Penurunan kadar abu 8,33% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Fermentasi (fermentasi laktat secara natural; lupin putih manis)	Penurunan kadar abu 13,89% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Pengecambahan (25° C, 3 hari; lupin putih manis)	Peningkatan kadar abu 5,56% (tidak signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Direndam (selama 2 hari, penggantian air 2 kali sehari; lupin putih manis)	Penurunan kadar abu 13,89% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Perebusan (150° C, 30 min; lupin putih pahit)	Penurunan kadar abu 9,38% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Fermentasi (fermentasi laktat secara natural; lupin putih pahit)	Penurunan kadar abu 9,38% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Pengecambahan (25° C, 3 hari; lupin putih pahit)	Peningkatan kadar abu 3,13% (tidak signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Direndam (selama 2 hari, penggantian air 2 kali sehari; lupin putih pahit)	Penurunan kadar abu 9,38% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>

No	Nutrien	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
	Kalsium	Perebusan (80° C, 75 min)	Penurunan kadar kalsium 10,73% (signifikan)	Ertas & Bilgiçli, 2012	Q1
	Fosfor	Perebusan (80° C, 75 min)	Penurunan kadar fosfor 4,00% (tidak signifikan)	Ertas & Bilgiçli, 2012	Q1
	Besi	Perebusan (80° C, 75 min)	Penurunan kadar besi 11,76% (tidak signifikan)	Ertas & Bilgiçli, 2012	Q1



Tabel 21. Profil Asam Amino Kacang Lupin (Prusinski, 2017; Europe, Australia, USA)

<b>Asam Amino</b>	<b>% dari total protein</b>
<b>Esensial</b>	
<i>Leucine</i>	2,0 – 7,8
<i>Lysine</i>	1,2 – 4,9
<i>Phenylalanine</i>	1,0 – 5,6
<i>Valine</i>	1,1 – 4,1
<i>Isoleucine</i>	1,3 – 4,3
<i>Threonine</i>	0,8 – 3,5
<i>Histidine</i>	0,5 – 3,3
<i>Tryptophan</i>	0,6 – 1,0
<i>Methionine</i>	0,6 – 1,3
<b>Non Esensial</b>	
<i>Glutamic acid</i>	6,1 – 23,5
<i>Asparagine</i>	3,0 – 10,5
<i>Arginine*</i>	3,0 – 11,4
<i>Proline</i>	1,3 – 3,5
<i>Serine</i>	1,0 – 4,5
<i>Alanine</i>	0,8 – 3,2
<i>Glycine</i>	0,9 – 4,3
<i>Tyrosine*</i>	1,3 – 1,7
<i>Cysteine*</i>	0,6 – 1,9

Keterangan :

\* =terkadang dianggap esensial pada anak-anak hewan untuk menunjang pertumbuhan

Menurut Prusinski (2017), kacang lupin putih memiliki asam amino yang lengkap yang dapat dilihat pada Tabel 21. Data pada Prusinski (2017), merupakan perbandingan kacang lupin putih yang ditanam di daerah Europe, Australia, dan USA. Dari data tersebut, profil asam amino kacang lupin putih dari Europe dan Australia hampir serupa, namun kacang lupin putih dari USA memiliki kandungan asam-asam amino yang jauh lebih rendah. Tanaman lupin putih, seperti banyak tanaman kacang-kacangan lainnya, membentuk simbiosis dengan *Rhizobium* sp. yang menfiksasi dinitrogen dan menyuplai tanaman dengan nitrogen dalam bentuk asparagine (Borek et al, 2009). Oleh karena itu, *asparagine* banyak menjadi asam amino dominan pada kacang-kacangan, bahkan pada pengecambahan kacang lupin, *asparagine* dapat mencapai 30% dari padatan kering (Borek et al, 2009). Selain itu, menurut Embaby (2010), lupin putih merupakan sumber *lysine* yang baik.

#### 4.2.2. Kandungan Zat Fungsional Kacang Lupin Putih

Antioksidan adalah zat yang melindungi sel dari senyawa-senyawa beroksigen yang reaktif yang merupakan hasil samping dari metabolisme pada sel dan jaringan (Dalaram, 2017). Senyawa oksigen reaktif ini dapat merusak DNA. Ada banyak senyawa-senyawa yang termasuk pada golongan antioksidan, di antaranya adalah senyawa fenolik. Senyawa fenolik pada kacang lupin yang paling utama terdiri atas tiga subkelas yaitu flavon, asam fenolik, dan isoflavon (Khan et al, 2015). Menurut Dalaram (2017), kacang lupin putih memiliki kapasitas anti oksidan paling tinggi jika dibandingkan dengan kacang lupin biru, kuning, dan *pearl* (*L. Angustifolius*, *L. Luteus*, *L. Mutabilis*). Meski begitu total kandungan fenolik kacang lupin biru lebih tinggi daripada kacang lupin putih.

Menurut penelitian Karamac et al (2018), yang membandingkan tiga jenis lupin putih pahit liar (Ilmen, Bozkir, Desdegin; asal Turkey) serta satu jenis lupin putih manis yang telah didomestikasi (Vladimir; asal Russia), senyawa fenolik yang dominan di antara lupin putih manis dan lupin putih pahit tidak jauh berbeda. Senyawa-senyawa tersebut adalah 2 derivat *p-coumaric acid* dan *apigenin-6,8-di-C-glucoside*. Selain itu berdasar penelitian Siger et al (2012) yang menggunakan 2 kultivar lupin putih dari Poland (Butan dan Boros), flavonoid yang terdapat pada lupin putih adalah *apigenin-6,8-di-C- $\beta$ -glucopyranoside* (11,90 mg/100 g berat kering Butan dan 14,30 mg/100 g berat kering Boros) serta *apigenin 7-O- $\beta$ -apiofuranosyl-6,8-di-C- $\beta$ -glucopyranoside* (25,95 mg/100g berat kering Butan dan 25,75 mg/100 g berat kering Boros). Asam fenolik yang terdapat pada lupin putih adalah *gallic acid* (Butan: 3,53 mg/kg; Boros: 3,43 mg/kg), *protocatechuic acid* (Butan: 12,96 mg/kg; Boros: 14,69 mg/kg), *p-hydroxybenzoic acid* (Butan: 22,77 mg/kg; Boros: 27,82 mg/kg), *caffeic acid* (Butan: 0,58 mg/kg; Boros: 0,09 mg/kg), dan *p-coumaric acid* (Butan: 0,11 mg/kg; Boros: 0,18 mg/kg) (Siger et al, 2012).

Kacang lupin putih tidak banyak mengandung isoflavon seperti kacang kedelai (Dalaram, 2017). Isoflavon ini, seperti yang telah dibahas sebelumnya, juga disebut sebagai fitoestrogen karena memiliki sifat dan struktur yang mirip dengan estrogen. Meskipun kacang lupin putih tidak banyak mengandung fitoestrogen, kacang lupin



putih menjadi sumber protein yang lebih baik untuk kalangan yang lebih muda karena tidak berpotensi memengaruhi hormon (Arnoldi & Greco, 2011; Prusinski, 2017). Pada penelitian Ranilla et al (2009), tidak ditemukan keberadaan isoflavon pada lupin putih kecuali keberadaan genistein dengan kuantitas yang kecil (2 mg/100 g berat segar) pada hipokotil lupin putih. Meskipun pada seluruh bagian hijau tanaman lupin mengandung isoflavon, pada bijinya, isoflavon baru tersintesis saat pengecambahan dimulai (Arnoldi & Greco, 2011).

Tabel 22. Pengaruh Pengolahan ke Kandungan Zat Fungsional Kacang Lupin Putih

No	Zat Fungsional	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
1	Senyawa fenolik	Pengecambahan	Pengecambahan memproduksi senyawa fenolik	Dalaram, 2017	Q3
2	Isoflavon	Pengecambahan	Sintesis terjadi saat pengecambahan	Ranilla et al, 2009 ; Arnoldi & Greco, 2011	Q1; <i>Not listed</i>

#### 4.2.3. Kandungan Zat Anti Nutrisi Kacang Lupin Putih

Kacang lupin putih tergolong memiliki zat anti nutrisi, seperti inhibitor tripsin, saponin dan lektin (lektin adalah glikoprotein yang mengganggu penyerapan nutrisi), yang sangat rendah jika dibandingkan dengan kacang-kacangan lainnya (Arnoldi & Greco, 2011; Dalaram, 2017). Meski begitu, kacang lupin mengandung alkaloid yang toksik jika dikonsumsi berlebihan. Alkaloid pada kacang lupin merupakan *quinolizidine alkaloid*, yang pada spesies-spesies *lupinus spp.* terdapat 70 jenis *quinolizidine alkaloid* yang berbeda. *Quinolizidine alkaloid* yang utama pada lupin putih adalah *lupanine*, *13-hydroxylupanine*, dan *sparteine* yang lebih sering terdapat pada varietas lupin putih di Eropa (Abeshu & Kefale, 2017). Pada beberapa negara seperti Perancis, Australia, dan New Zealand, keberadaan *quinolizidine alkaloid* pada tepung dan campuran makanan dibatasi maksimal 200 mg/kg (Abeshu & Kefale, 2017). Alkaloid sendiri pada dasarnya merupakan senyawa yang mudah larut dalam air (Erbas, 2010).

Kacang lupin pahit (Ethiopia) memiliki kadar alkaloid yang lebih tinggi (6,03%) daripada kacang lupin manis (Ethiopia) (1,76%) (Abeshu & Kefale, 2017). Meski begitu perlakuan pengolahan pada kacang lupin putih sangat memengaruhi kadar alkaloidnya. Perebusan, fermentasi, dan perendaman dengan penggantian air berulang dapat menurunkan kadar alkaloid pada kedua jenis kacang lupin putih secara signifikan (Abeshu & Kefale, 2017). Namun perlakuan pengecambahan tidak memengaruhi kadar alkaloid secara signifikan (Abeshu & Kefale, 2017).

Menurut Erbas (2010), perlakuan seperti perebusan dan perendaman lupin putih memang efektif mengurangi kandungan alkaloid dan mengurangi rasa pahitnya, namun dengan perlakuan tersebut, makronutrien dan mikronutrien pada lupin putih yang larut air akan ikut berkurang. Erbas (2010) melakukan penelitian dengan memberikan tiga perlakuan yaitu perendaman dengan air 25° C, perendaman dengan air natrium bikarbonat 0,5% dengan suhu 25° C, dan air panas bersuhu 65° C. Perendaman dilakukan setelah kacang direbus selama 75 min. Perendaman dilakukan selama 144 jam dengan penggantian air setiap 12 jam sekali. Setelah direndam, kacang dibilas dengan air selama 10 detik lalu direndam air garam 6% selama 12 jam. Pengolahan oleh Erbas (2010) ini ditujukan untuk membuat *snack* kacang lupin putih. Menurut Erbas (2010), perlakuan terbaik adalah dengan perendaman air biasa, karena mampu mengurangi kandungan alkaloid secara signifikan, mudah, dan memiliki karakteristik sensori yang paling baik.

Zat anti nutrisi sebenarnya terdiri atas dua tipe, yaitu protein (seperti lektin dan inhibitor enzim) serta zat anti nutrisi lain (misalnya asam fitat dan tanin) (Embaby, 2010). Menurut Embaby (2010), kacang lupin putih manis (Egypt) memiliki kadar asam fitat yang lebih tinggi (1,65 g/100 g) daripada kacang lupin putih pahit (1,36 g/100 g). Perlakuan penghilangan sekam menyebabkan kadar asam fitat terlihat meningkat karena asam fitat terletak pada kotiledon dan penghilangan sekam mengurangi total massa keseluruhan (Embaby, 2010). Menurut Embaby (2010), perlakuan perendaman seharusnya dapat mengurangi kadar asam fitat karena mengaktifkan enzim fitase yang dapat mendegradasi asam fitat. Akan tetapi, penelitian Embaby (2010) menunjukkan bahwa perlakuan perendaman malah meningkatkan kadar asam fitat.

Lupin putih manis (Egypt) juga memiliki aktivitas inhibitor tripsin lebih banyak (1.74 mg/g) daripada lupin putih pahit (1,48 mg/g) (Embaby, 2010). Penghilangan sekam juga meningkatkan aktivitasnya karena inhibitor tripsin juga terdapat pada kotiledon lupin putih. Pengolahan pada lupin putih pahit dan perlakuan *autoclave* pada lupin putih manis merupakan perlakuan paling efektif untuk menghancurkan inhibitor tripsin yaitu sebesar 60,8% dan 86,8% (Embaby, 2010).

Tanin juga merupakan salah satu zat anti nutrisi yang terdapat pada kacang lupin putih, kadarnya lebih tinggi pada lupin putih pahit (7,53 mg/g) daripada lupin putih manis (3,84 mg/g) (Embaby, 2010). Sebagian besar tanin juga terdapat pada kotiledon kacang lupin, sehingga penghilangan sekam juga meningkatkan kadar tanin (Embaby, 2010). Perlakuan pemasakan seperti perebusan, *autoclave*, dan *microwave* tidak berpengaruh banyak pada kandungan tanin lupin putih pahit, namun menurunkan secara signifikan pada lupin putih manis (Embaby, 2010). Tanin merupakan senyawa polifenolik yang larut air. Perlakuan perendaman kemudian pemasakan pada lupin putih pahit menurunkan kadarnya secara signifikan (64,0-71,0%), sedangkan pada lupin putih manis penurunan kadarnya tidak sebanyak pada lupin putih pahit (23,4-28,9%) (Embaby, 2010).

Tabel 23. Pengaruh Pengolahan ke Kandungan Zat Anti Nutrisi Kacang Lupin Putih

No	Zat Anti Nutrisi	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
1	Alkaloid	Perebusan (150° C, 30 min; lupin putih manis)	Penurunan kadar alkaloid 56,82% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Fermentasi (fermentasi laktat secara natural; lupin putih manis)	Penurunan kadar alkaloid 66,48% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Pengecambahan (25° C, 3 hari; lupin putih manis)	Penurunan kadar alkaloid 14,20% (tidak signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Direndam (selama 2 hari, penggantian air 2 kali sehari; lupin putih manis)	Penurunan kadar alkaloid 82,39% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Perebusan (150° C, 30 min; lupin putih pahit)	Penurunan kadar alkaloid 23,71% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Fermentasi (fermentasi laktat secara natural; lupin putih pahit)	Penurunan kadar alkaloid 22,72% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Pengecambahan (25° C, 3 hari; lupin putih pahit)	Penurunan kadar alkaloid 0,66% (tidak signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
		Direndam (selama 2 hari, penggantian air 2 kali sehari; lupin putih pahit)	Penurunan kadar alkaloid menurun 37,31% (signifikan)	Abeshu & Kefale, 2017	<i>Not listed</i>
2	Asam fitat	Perendaman (96 jam; lupin putih pahit)	Peningkatan kadar asam fitat 4,4% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (96 jam) dan <i>microwave</i> (6 min; lupin putih pahit)	Penurunan kadar asam fitat 19,1% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (96 jam) dan perebusan (100° C, 40 min; lupin putih pahit)	Penurunan kadar asam fitat 25,7% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (96 jam) dan <i>autoclave</i> (15 psi, 121° C, 20 min; lupin putih pahit)	Penurunan kadar asam fitat 38,2% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (24 jam; lupin putih manis)	Peningkatan kadar asam fitat 3,6% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2

No	Zat Anti Nutrisi	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
		Perendaman (24 jam), <i>microwave</i> (6 min), dan penghilangan sekam (lupin putih manis)	Penurunan kadar asam fitat 15,8% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (24 jam), perebusan (100° C, 40 min), dan penghilangan sekam (lupin putih manis)	Penurunan kadar asam fitat 21,2% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (24 jam), <i>autoclave</i> (15 psi, 121° C, 20 min) dan penghilangan sekam (lupin putih manis)	Penurunan kadar asam fitat 12,7% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
3	Inhibitor Tripsin	<i>Microwave</i> (6 min; lupin putih pahit)	Penurunan kadar inhibitor tripsin 53,4% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
		Perebusan (100° C, 40 min; lupin putih pahit)	Penurunan kadar inhibitor tripsin 60,8% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
		<i>Autoclave</i> (15 psi, 121° C, 20 min; lupin putih pahit)	Penurunan kadar inhibitor tripsin 55,4% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
		<i>Microwave</i> (6 min; lupin putih manis)	Penurunan kadar inhibitor tripsin 42,0% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
		Perebusan (100° C, 40 min; lupin putih manis)	Penurunan kadar inhibitor tripsin 66,6% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (24 jam) dan perebusan (100° C, 40 min; lupin putih manis)	Penurunan kadar inhibitor tripsin 57,5% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (24 jam), perebusan (100° C, 40 min), dan penghilangan sekam (lupin putih manis)	Penurunan kadar inhibitor tripsin 42,5% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
		<i>Autoclave</i> (15 psi, 121° C, 20 min; lupin putih manis)	Penurunan kadar inhibitor tripsin 86,8% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (24 jam) dan <i>autoclave</i> (15 psi, 121° C, 20 min; lupin putih manis)	Penurunan kadar inhibitor tripsin 75,3% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (24 jam), <i>autoclave</i> (15 psi, 121° C, 20 min) dan penghilangan sekam (lupin putih manis)	Penurunan kadar inhibitor tripsin 70,1% (signifikan)	Embaby, 2010	Q2
4	Tanin	Perendaman (96 jam) dan <i>microwave</i> (6 min; lupin	Penurunan kadar tanin 64,8%	Embaby, 2010	Q2

No	Zat Anti Nutrisi	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
		putih pahit)	(signifikan)		
		Perendaman (96 jam), <i>microwave</i> (6 min) dan penghilangan sekam (lupin putih pahit)	Penurunan kadar tanin (signifikan)	64,0% Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (96 jam) dan perebusan (100° C, 40 min; lupin putih pahit)	Penurunan kadar tanin (signifikan)	66,3% Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (96 jam), perebusan (100° C, 40 min), dan penghilangan sekam (lupin putih pahit)	Penurunan kadar tanin (signifikan)	67,9% Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (96 jam) dan <i>autoclave</i> (15 psi, 121° C, 20 min; lupin putih pahit)	Penurunan kadar tanin (signifikan)	71,0% Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (96 jam), <i>autoclave</i> (15 psi, 121° C, 20 min) dan penghilangan sekam (lupin putih pahit)	Penurunan kadar tanin (signifikan)	71,0% Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (24 jam), <i>microwave</i> (6 min; lupin putih manis)	Penurunan kadar tanin (signifikan)	23,4% Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (24 jam) dan perebusan (100° C, 40 min; lupin putih manis)	Penurunan kadar tanin (signifikan)	24,5% Embaby, 2010	Q2
		Perendaman (24 jam) dan <i>autoclave</i> (15 psi, 121° C, 20 min; lupin putih manis)	Penurunan kadar tanin (signifikan)	28,9% Embaby, 2010	Q2

### 4.3. Kacang Kecipir

Kecipir merupakan suatu jenis kacang-kacangan yang tumbuh di daerah tropis (Adegboyega et al, 2019). Kacang ini belum banyak dikonsumsi meskipun tinggi akan protein, padahal hampir seluruh bagian dari tanaman ini dari berbagai tahap hidupnya bisa dimakan (termasuk umbinya) (Adegboyega et al, 2019; Lepcha et al, 2017). Kecipir lebih sering dikonsumsi saat masih muda bersama dengan bilah bijinya. Pada *review* ini, biji/kacang kecipir akan lebih diutamakan untuk dibahas daripada kecipir muda dan data mengenai kecipir muda akan diberi keterangan.



### 4.3.1. Kandungan Nutrisi Kacang Kecapir

Tabel 24. Kandungan Nutrien Kacang Kecapir Mentah

No	Nutrien	Kadar ( <i>dry base</i> )	Referensi	Keterangan	Kualitas Jurnal
1	Protein	30,63 44,8%	– Adegboyega et al, 2019 ; Jayanegara et al, 2018	Tpt2, Tpt14, Tpt15, Tpt18, Tpt30, Tpt33, Tpt42, Tpt48, Tpt125, Tpt154, Tpt15-4, Tpt3-B (Unknown); Tpt4 (Costa Rica); Tpt6, Tpt16 (Indonesia), Tpt10, Tpt12 (Sri Lanka); Tpt11, Tpt19, Tpt53, Tpt126 (Nigeria); Tpt17 (Trinidad and Tobago); Tpt32 (Liberia); Tpt43, Tpt51 (Bangladesh); Kecapir (Indonesia)	Q2; Q2
2	Lemak	14,82 19,81%	– Adegboyega et al, 2019 ; Mohanty et al, 2014	Tpt2, Tpt14, Tpt15, Tpt18, Tpt30, Tpt33, Tpt42, Tpt48, Tpt125, Tpt154, Tpt15-4, Tpt3-B (Unknown); Tpt4 (Costa Rica); Tpt6, Tpt16 (Indonesia), Tpt10, Tpt12 (Sri Lanka); Tpt11, Tpt19, Tpt53, Tpt126 (Nigeria); Tpt17 (Trinidad and Tobago); Tpt32 (Liberia); Tpt43, Tpt51 (Bangladesh); kacang kecapir (India)	Q2; Q1
	Asam lemak jenuh	21,9% total lemak	dari asam lemak Mohanty et al, 2014	Kacang kecapir (India)	Q1
	Asam lemak tak jenuh tunggal	38,6% total lemak	dari asam lemak Mohanty et al, 2014	Kacang kecapir (India)	Q1
	Asam lemak tak jenuh jamak	36,9% total lemak	dari asam lemak Mohanty et al, 2014	Kacang kecapir (India)	Q1
3	Karbohidrat	19,32 42,55%	– Adegboyega et al, 2019	Tpt2, Tpt14, Tpt15, Tpt18, Tpt30, Tpt33, Tpt42, Tpt48, Tpt125, Tpt154, Tpt15-4, Tpt3-B (Unknown); Tpt4 (Costa Rica); Tpt6, Tpt16 (Indonesia), Tpt10, Tpt12 (Sri Lanka); Tpt11, Tpt19, Tpt53, Tpt126 (Nigeria); Tpt17 (Trinidad and Tobago); Tpt32 (Liberia); Tpt43, Tpt51 (Bangladesh)	Q2
	Total gula	16,14% ( <i>wet</i> )	Ningombam et al,	Kacang kecapir dewasa basah (kandungan air 86.1%; India)	Q3



No	Nutrien	Kadar ( <i>dry base</i> )	Referensi	Keterangan	Kualitas Jurnal
		<i>base</i> )	2012		
	Gula pereduksi	11,50% ( <i>wet base</i> )	Ningombam et al, 2012	Kacang kecipir dewasa basah (kandungan air 86.1%; India)	Q3
	Gula non pereduksi	4,64% ( <i>wet base</i> )	Ningombam et al, 2012	Kacang kecipir dewasa basah (kandungan air 86.1%; India)	Q3
	Pati	39,61% ( <i>wet base</i> )	Ningombam et al, 2012	Kacang kecipir dewasa basah (kandungan air 86.1%; India)	Q3
	Total pangan serat	3,24 – 12,9%	Adegboyega et al, 2019; Jayanegara et al, 2018	Tpt2, Tpt14, Tpt15, Tpt18, Tpt30, Tpt33, Tpt42, Tpt48, Tpt125, Tpt154, Tpt15-4, Tpt3-B (Unknown); Tpt4 (Costa Rica); Tpt6, Tpt16 (Indonesia), Tpt10, Tpt12 (Sri Lanka); Tpt11, Tpt19, Tpt53, Tpt126 (Nigeria); Tpt17 (Trinidad and Tobago); Tpt32 (Liberia); Tpt43, Tpt51 (Bangladesh); Kecipir (Indonesia)	Q2; Q2
4	Abu (mineral)	4,90 – 5,26%	Adegboyega et al, 2019	Tpt2, Tpt14, Tpt15, Tpt18, Tpt30, Tpt33, Tpt42, Tpt48, Tpt125, Tpt154, Tpt15-4, Tpt3-B (Unknown); Tpt4 (Costa Rica); Tpt6, Tpt16 (Indonesia), Tpt10, Tpt12 (Sri Lanka); Tpt11, Tpt19, Tpt53, Tpt126 (Nigeria); Tpt17 (Trinidad and Tobago); Tpt32 (Liberia); Tpt43, Tpt51 (Bangladesh)	Q2
	Kalium	464,78 mg/100 g	Lepcha et al, 2017	Kacang kecipir	Q1
	Natrium	217,27 mg/100 g	Lepcha et al, 2017	Kacang kecipir	Q1
	Kalsium	98,02 mg/100 g	Lepcha et al, 2017	Kacang kecipir	Q1
	Magnesium	246,55 mg/100 g	Lepcha et al, 2017	Kacang kecipir	Q1
5	Prekursor vitamin A (beta karoten)	389,15 µg/100 g porsi dapat	Ismail et al, 2009	Kecipir muda dengan bilah bijinya (Malaysia)	Q3

No	Nutrien	Kadar ( <i>dry base</i> ) dimakan	Referensi	Keterangan	Kualitas Jurnal
6	Vitamin (Tiamin)	B1 1,12 mg/100 g	Lim, 2011	Kacang kecipir	<i>Not listed</i>
7	Vitamin (Riboflavin)	B2 0,49 mg/100 g	Lim, 2011	Kacang kecipir	<i>Not listed</i>
8	Vitamin (Niacin)	B3 3,37 mg/100 g	Lim, 2011	Kacang kecipir	<i>Not listed</i>
9	Vitamin (Asam pantotenat)	B5 0,87 mg/100 g	Lim, 2011	Kacang kecipir	<i>Not listed</i>
10	Vitamin (Piridoksin)	B6 0,19 mg/100 g	Lim, 2011	Kacang kecipir	<i>Not listed</i>
11	Vitamin (Folat)	B9 73 – 200 µg/100 g (berat basah)	Luo et al, 2017	Kecipir muda (dengan bilah bijinya) Guifeng #1, Guifeng #2, Guifeng #4, Guiai #1, Baisha #1, Baisha #7, Baisha #13, Baisha #9, Wuzhishan #2 (China)	Q3
12	Vitamin C	1,2 mg/100 g porsi dapat dimakan	Ismail et al, 2009	Kacang kecipir (Malaysia)	Q3
13	γ- tokoferol	1,38 – 14,61 mg/100 g	De Lumen & Fiad, 1982	PI 7256A, PI 7252, UPS 122, LG6 1202, UP5 31, UPS 121, LG6 1201, UPS 45, UPS 32, UPS 67, LG6 1203, PI 7253A, PI 7048, PI 7267, SJC 77-2, Batangas Long, Kade, LG6 1205, PI 7256, PI 7241, LG6 1204, SJC 77-1, LBN C3, PI7 266, PI 7041, PI 7266 (Phillipines); Chimbu (USA)	Q1

Chay et al (2018), menemukan bahwa hidrolisat kacang kecipir (Malaysia) memiliki kemampuan menurunkan tekanan darah pada tikus. Setelah diidentifikasi, ditemukan peptida-peptida yang memiliki potensi menghambat enzim yang mengkonversi angiotensin (sehingga menurunkan tekanan darah) yaitu RGVFPCLK, TQLDLPTQ, EPALVP, MRSVVT, DMKP dengan kemampuan inhibisi *angiotensin converting enzyme* sebanyak 75,4 – 98,1% (Chay et al, 2018). Menurut Makeri et al (2017), kacang kecipir merupakan sumber *leucine, tyrosine, arginine, glutamic acid, isoleucine, dan lysine* yang baik. Fraksi protein pada kacang kecipir (AKIN-0199 dan ACC-183, Malaysia) adalah sebagai berikut: albumin 26,46%, globulin 31,94%, glutelin 12,59%, dan prolamin 4,05% dengan total protein yang dapat diekstrak dari tepung kecipir tanpa lemak sebanyak 75,04% dan yang tidak dapat diekstrak sebanyak 24,96% (Makeri et al, 2017).

Kacang kecipir yang telah sepenuhnya dewasa memiliki kandungan lemak yang lebih tinggi daripada yang masih muda (Mohanty et al, 2014). Pada kacang kecipir dewasa (India) yang diteliti oleh Mohanty et al (2014), didapatkan kadar lemaknya sebanyak 14.82%. Dari seluruh lemak tersebut, sebanyak 97,4% nya dapat diidentifikasi. 75,5% dari total lemaknya adalah asam lemak tidak jenuh (tunggal 38,6% dan jamak 36,9%), dan 21,9% nya adalah asam lemak jenuh. Asam lemak tidak jenuh pada kacang kecipir dewasa terdiri atas oleat (35,1%), linoleat (35,3%), eikosenoat (3,0%), dan erukat (0,5%), sedangkan asam lemak jenuhnya terdiri atas laurat (0,1%), miristat (<0,1%), palmitat (7,4%), heptadekanoat (<0,1%), stearat (5,3%), lignocerat (0,8%) dan heksakosanoat (0,1%).

Tabel 25. Pengaruh Pengolahan ke Kandungan Nutrien Kacang Kecapir

No	Nutrien	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
1	Lemak	Perendaman (24 jam), perebusan (100° C, 30 min)	Penurunan kadar lemak 25% (signifikan)	Buckle & Sambudi, 1990	Q1
		<i>Autoclave</i> (110° C, 15 psi, 30 min)	Penurunan kadar lemak 55,06% (signifikan)	Ekpenyong & Borchers, 1980	Q1
2	Total gula	Perendaman (24 jam), perebusan (100° C, 240 min)	Penurunan kadar total gula 53,57% (signifikan)	Rockland et al, 1979	Q1
		Perendaman (24 jam), perebusan (100° C, 20 min)	Penurunan kadar total gula 57,14% (signifikan)	Rockland et al, 1979	Q1
	Gula non pereduksi	Perendaman (24 jam), perebusan (100° C, 240 min)	Penurunan kadar gula non pereduksi 61,7% (signifikan)	Rockland et al, 1979	Q1
		Perendaman (24 jam), perebusan (100° C, 20 min)	Penurunan kadar gula non pereduksi 61,7% (signifikan)	Rockland et al, 1979	Q1
3	Natrium & Magnesium	Perendaman (5 min), perebusan (100° C, 30 min)	Penurunan kandungan natrium 42,86% dan magnesium 61,24% (signifikan)	Ekpenyong & Borchers, 1980	Q1
4	Kalium	Perendaman (24 jam), perebusan (100° C, 240 min)	Penurunan kandungan kalium 61,11% (signifikan)	Rockland et al, 1979	Q1
		Perendaman (24 jam), perebusan (100° C, 20 min)	Penurunan kandungan kalium 77,78% (signifikan)	Rockland et al, 1979	Q1
5	Tiamin, Riboflavin, Niacin	Perendaman (24 jam), perebusan (100° C, 240 min)	Penurunan kandungan tiamin 57,97%, riboflavin 55,56%, niacin 77,32% (signifikan)	Rockland et al, 1979	Q1
		Perendaman (24 jam), perebusan (100° C, 20 min)	Penurunan kandungan tiamin 82,61%, riboflavin 44,44%, niacin 77% (signifikan)	Rockland et al, 1979	Q1

Pada penelitian Buckle & Sambudi (1990), dengan menggunakan kacang kecipir dari Indonesia dilakukan berbagai perlakuan mulai dari perendaman (24 jam); perendaman (24 jam) dan perebusan (100° C, 30 menit); perendaman (24 jam), perebusan (100° C, 30 menit), kemudian direndam kembali (24 jam); serta perendaman (24 jam), perebusan (100° C, 30 menit), pengupasan, lalu direndam kembali (24 jam). Keempat perlakuan ini dilakukan dengan larutan yang berbeda yaitu air distilasi, 30 g/liter abu sekam beras, 50 g/liter abu sekam beras, 10 g/liter baking soda, 20 g/liter baking soda, 5 g/liter natrium bikarbonat, dan 10 g/liter natrium bikarbonat. Pada penggunaan larutan 30 g/liter abu sekam beras, rata-rata kadar lemaknya paling rendah dibandingkan dengan penggunaan larutan lainnya. Menurut Buckle & Sambudi (1990), perlakuan terbaik untuk menjaga kandungan protein dan lemak adalah dengan perendaman 24 jam dan perebusan 30 menit pada larutan 10 g/liter baking soda. Perlakuan tersebut juga menghasilkan kacang yang lunak.

Ekpenyong & Borchers (1980) menguji efek pengolahan pada kandungan nutrisi kacang kecipir (Nigeria). Dari percobaannya, didapatkan bahwa terdapat peningkatan kadar protein pada perlakuan pemasakan lama (perendaman 18 jam dan direbus 5 jam) dan pemasakan cepat (perendaman 5 min dan direbus 30 min) yang disebabkan oleh adanya bagian solid larut air yang hilang pada perendaman dan perebusan. Ketercernaan kacang kecipir pada perlakuan *autoclave* (110° C, 15 psi, 30 min) dan pemasakan lama (perendaman 18 jam dan direbus 5 jam) meningkat sebanyak 13,6% dan 12,9% daripada ketercernaan kacang kecipir mentah (70.7%) (Ekpenyong & Borchers, 1980). Menurut Sambudi & Buckle (1991), kacang kecipir menjadi semakin keras seiring dengan semakin lamanya penyimpanan, namun hal ini bisa diatasi dengan perendaman dan perebusan yang lebih lama.

Tabel 26. Profil Asam Amino Kacang Kecipir (Mohtar et al, 2013; Malaysia)

<b>Asam Amino</b>	<b>% dari total protein</b>
<b>Esensial</b>	
<i>Leucine</i>	5,05
<i>Lysine</i>	4,61
<i>Phenylalanine</i>	2,02
<i>Valine</i>	5,51
<i>Isoleucine</i>	24,75
<i>Threonine</i>	1,41
<i>Histidine</i>	0,99
<i>Tryptophan</i>	(tidak disebutkan)
<i>Methionine</i>	0,46
<b>Non Esensial</b>	
<i>Glutamic acid</i>	14,07
<i>Asparagine</i>	8,01
<i>Arginine*</i>	3,53
<i>Proline</i>	3,10
<i>Serine</i>	2,36
<i>Alanine</i>	3,10
<i>Glycine</i>	15,36
<i>Tyrosine*</i>	3,62
<i>Cysteine*</i>	2,05

Keterangan :

\* = terkadang dianggap esensial pada anak-anak hewan untuk menunjang pertumbuhan

#### 4.3.2. Kandungan Zat Fungsional Kacang Kecipir

Kacang kecipir memiliki total fenolik sebanyak 63,73 mg/100 g porsi dapat dimakan, lebih rendah daripada total fenolik kacang panjang dan *snow pea* namun lebih tinggi daripada *french bean* (Ismail et al, 2009). Meski begitu, aktivitas antioksidan kacang kecipir kedua tertinggi di antara ketiga kacang tersebut (Ismail et al, 2009). Pada penelitian Koley et al (2018) dengan menggunakan kecipir muda bersama bilah bijinya, didapatkan total senyawa fenolik yang lebih tinggi yaitu 100 mg/100 g berat basah. Menurut Khalili et al (2013), senyawa fenolik merupakan antioksidan yang potensial, karena senyawa fenolik efektif dalam menangkal radikal bebas dan juga *chelating agent* (mengikat logam) yang baik. Menurut Olaiya et al (2018), kemampuan antioksidan senyawa fenolik juga memiliki efek anti karsinogenik, anti inflamasi, antitumor, anti mikroba, anti mutagenik, dan anti alergi. Pada tanaman, fungsi senyawa fenolik adalah untuk mengusir predator, menarik *pollinator*, pigmen, antioksidan, melindungi dari

sinar UV, serta meminimalkan kerusakan molekuler akibat senyawa-senyawa oksigen yang reaktif (Singh et al, 2019).

Flavonoid juga memiliki kemampuan antioksidan, anti inflamasi, antiviral dan anti kanker (Olaiya et al, 2018). Pada kultivar TPT-3, TPT-6, TPT-12, TPT-30, TPT-43 dan TPT-48 (Nigeria), didapat total kandungan flavonoid sebanyak 0.679 – 1.169 mg QUE/g (*quercetin equivalent*, karena menggunakan quercetin untuk kalibrasi kurva) (Olaiya et al, 2018). Makanan yang mengandung antioksidan juga memiliki kemampuan untuk mencegah berbagai penyakit kronis seperti kanker, penyakit kardiovaskular, aterosklerosis, diabetes, asma, hepatitis dan artritis (Singh et al, 2019). Pada tanaman senyawa flavonoid membantu melindungi tanaman dari stres biotik dan abiotik, sebagai filter UV yang unik, agen detoks, molekul sinyal, dan anti mikroba (Singh et al, 2019). Sejauh ini belum diadakan penelitian mendalam mengenai zat fungsional pada kecipir dan bagaimana efek pemrosesan terhadapnya.

#### **4.3.3. Kandungan Zat Anti Nutrisi Kacang Kecipir**

Menurut penelitian Adegboyega et al (2019), dari 25 jenis sampel, ditemukan bahwa biji kecipir memiliki kandungan tanin 1,45 – 3,65% (*dry base*) dan fitat sebanyak 4,31 – 10,67 mg/100 g berat kering. Fitat sebenarnya memiliki kemampuan antioksidan, namun fitat dapat berikatan dengan beberapa mineral pangan yang menyebabkan mineral-mineral tersebut sulit diserap oleh sistem pencernaan (Lepcha et al, 2017). Menurut De Lumen & Salamat (1980), tanin memiliki potensi sebagai inhibitor tripsin dan juga sulit untuk terdegradasi oleh panas.

Biji kecipir juga memiliki kandungan inhibitor tripsin dan kimotripsin yang termasuk pada inhibitor serine protease tipe Kunitz (Banerjee et al, 2017). Oleh Banerjee et al (2017), inhibitor tripsin dan kimotripsin tersebut diekstrak dan dipurifikasi untuk mengetahui efek pemanasan terhadapnya. Hasilnya, pemanasan hingga 70° C tidak merubah aktivitas inhibitor tersebut, namun mulai pada suhu 80° C ditemukan bahwa ada bagian proteinnya yang menjadi tidak larut air dan terpresipitasi. Dengan pemanasan pada suhu 100° C selama 30 menit, aktivitas inhibitor protease menurun sebanyak 35% pada aktivitas inhibitor tripsin dan 19% pada aktivitas inhibitor

kimotripsin (Banerjee et al, 2017). Menurut Lepcha et al (2017), kultivar kecipir Malaysia (22 – 24 mg/g kacang) dan Indonesia (27 – 29 mg/g kacang) memiliki kandungan inhibitor tripsin yang lebih rendah daripada kultivar Papua Nugini (31 – 42,5 mg/g kacang) ataupun Myanmar (28 – 40 mg/g kacang).

Hemagglutinin merupakan suatu senyawa toksik yang ada pada kecipir (Lepcha et al, 2017). Senyawa ini termasuk pada senyawa lektin yang mengganggu penyerapan nutrisi, bahkan dapat menyebabkan kematian pada tikus setelah mengonsumsi kacang kecipir mentah selama 2 minggu (Lepcha et al, 2017). Senyawa hemagglutinin termasuk pada senyawa yang labil terhadap panas dan juga dapat diinaktivasi dengan perendaman dengan larutan KOH dan NaOH seperti pada Tabel 27.





Tabel 27. Pengaruh Pengolahan ke Kandungan Zat Anti Nutrisi Kacang Kecipir

No	Zat Anti Nutrisi	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
1	Inhibitor tripsin dan kimotripsin	Pemanasan di atas suhu 80° C	Bagian proteinnya terpresipitasi	Banerjee et al, 2017	Q1
2	Inhibitor tripsin	Perendaman dengan air distilasi (24 jam) dan dibuang sekamnya	Aktivitasnya berkurang 58,49%	Sathe & Salunkhe, 1981	Q1
		Perendaman dalam 2% w/v (weight/volume) KOH (24 jam)	Aktivitasnya berkurang 84,49% (Chimbu) dan 91,95% (HF-10)	Sathe & Salunkhe, 1981	Q1
		Perendaman dalam 2% w/v NaOH (24 jam,)	Aktivitasnya berkurang 77,37% (Chimbu) dan 91,95% (HF-10)	Sathe & Salunkhe, 1981	Q1
		Perebusan (100° C, 2 jam)	Terinaktivasi 65%	De Lumen & Salamat, 1980	Q1
		Perebusan (60° C, 2 jam)	Tidak ada efek	De Lumen & Salamat, 1980	Q1
		Perendaman (4° C sampai membengkak), penghilangan sekam, perebusan (80° C, 2 jam,)	Terinaktivasi 68%	De Lumen & Salamat, 1980	Q1
		Perendaman (4° C sampai membengkak), penghilangan sekam, perebusan (100° C, 2 jam)	Terinaktivasi 90%	De Lumen & Salamat, 1980	Q1
		Pengovenan (100° C, 60 min)	Penurunan kadarnya 1,75% (tidak signifikan)	Kadam et al, 1987	Q1
		<i>Microwave</i> (kelembaban disesuaikan hingga 15%, 10 min)	Peningkatan kadarnya 0,96% (tidak signifikan)	Kadam et al, 1987	Q1
<i>Autoclave</i> (120° C, 15 min)	Penurunan kadarnya 96,05% (signifikan)	Kadam et al, 1987	Q1		
	Direndam 48 jam, direbus dalam air mendidih	Penurunan kadarnya 97,97% (signifikan)	Kadam et al, 1987	Q1	

No	Zat Anti Nutrisi	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal	
3	Hemagglutinin	Perendaman dalam 2% w/v KOH (24 jam)	Aktivitasnya terinaktivasi	Sathe & Salunkhe, 1981	Q1	
		Perendaman dalam 2% w/v NaOH (24 jam)	Aktivitasnya terinaktivasi	Sathe & Salunkhe, 1981	Q1	
		Pengovenan (100° C, 60 min)	Penurunan aktivitasnya (tidak signifikan)	4%	Kadam et al, 1987	Q1
		<i>Microwave</i> (kelembaban disesuaikan hingga 15%, 10 min)	Penurunan aktivitasnya (tidak signifikan)	2%	Kadam et al, 1987	Q1
		<i>Autoclave</i> (120° C, 15 min)	Penurunan aktivitasnya (signifikan)	100%	Kadam et al, 1987	Q1
		Direndam 48 jam, direbus dalam air mendidih	Penurunan aktivitasnya (signifikan)	100%	Kadam et al, 1987	Q1
4	Tanin	Pengovenan (100° C, 60 min)	Penurunan kadarnya (tidak signifikan)	1,32%	Kadam et al, 1987	Q1
		<i>Microwave</i> (kelembaban disesuaikan hingga 15%, 10 min)	Penurunan kadarnya (tidak signifikan)	2,63%	Kadam et al, 1987	Q1
		<i>Autoclave</i> (120° C, 15 min)	Penurunan kadarnya (signifikan)	32,89%	Kadam et al, 1987	Q1
		Direndam 48 jam, direbus dalam air mendidih	Penurunan kadarnya (signifikan)	67,11%	Kadam et al, 1987	Q1
5	Fitat	Pengovenan (100° C, 60 min)	Penurunan kadarnya (tidak signifikan)	0,49%	Kadam et al, 1987	Q1
		<i>Microwave</i> (kelembaban disesuaikan hingga 15%, 10 min)	Penurunan kadarnya (tidak signifikan)	3,25%	Kadam et al, 1987	Q1
		<i>Autoclave</i> (120° C, 15 min)	Penurunan kadarnya (tidak signifikan)	3.25%	Kadam et al, 1987	Q1
		Direndam 48 jam, direbus dalam air mendidih	Penurunan kadarnya (tidak signifikan)	0,81%	Kadam et al, 1987	Q1

#### 4.4. Kara Oncet

Kacang faba atau kara oncet merupakan kacang yang populer digunakan di daerah Mediterania sebagai bahan pangan dan pakan (Abusin et al, 2009). Kara oncet memiliki 2 varian yaitu major dan minor. Kara oncet major memiliki karakteristik biji yang besar dan pipih serta digunakan untuk pangan, sedangkan kara oncet minor memiliki biji yang lebih kecil dan bulat serta digunakan untuk pangan dan pakan (Revilla, 2015). Kara oncet bisa dipanen pada saat bijinya sudah dewasa namun masih basah, maupun saat bijinya sudah mengering saat pemanenan (Turco et al, 2016).



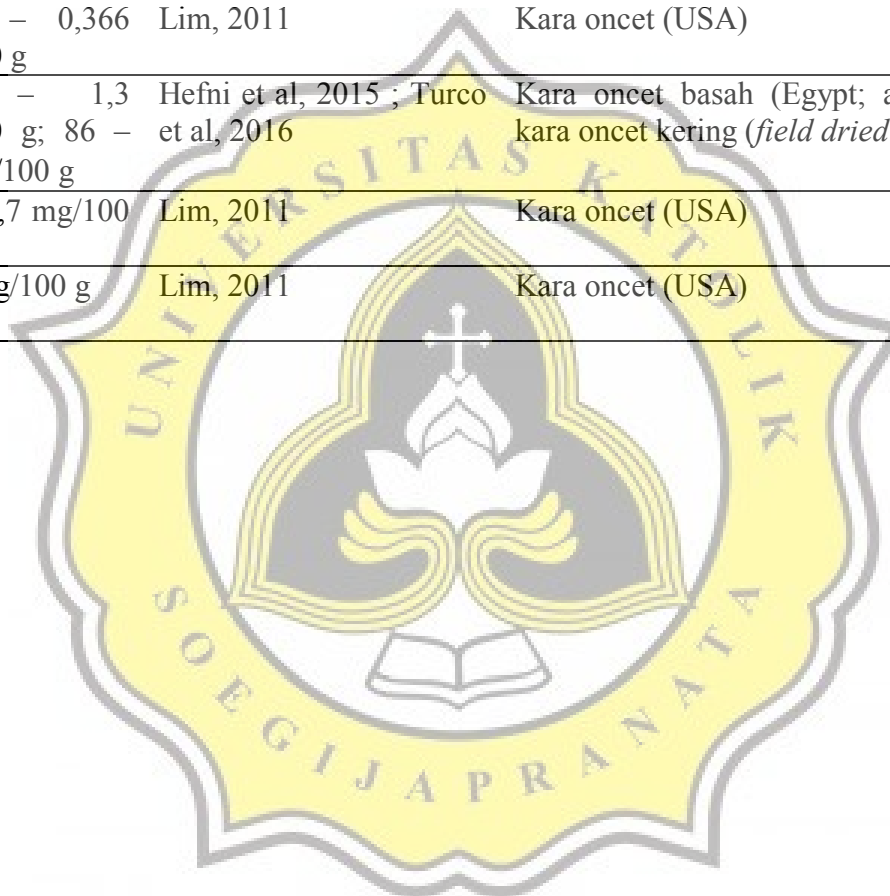
#### 4.4.1. Kandungan Nutrisi Kara Oncet

Tabel 28. Kandungan Nutrien Kara Oncet Mentah

No	Nutrien	Kadar ( <i>dry base</i> )	Referensi	Keterangan	Kualitas Jurnal
1	Protein	29,40 – 31,90%	Abusin et al, 2009 ; Crépon et al, 2010	BB7, H.93 (Sudan); Kara oncet tinggi tanin dan rendah tanin	Q4; Q1
2	Lemak	0,81 – 2,00%	Abusin et al, 2009 ; Crépon et al, 2010	BB7, H.93 (Sudan); Kara oncet tinggi tanin dan rendah tanin	Q4; Q1
	Asam lemak jenuh	18,47 – 24,41% dari total asam lemak	Cazzato et al, 2014	Prothabat 69, dengan dan tanpa penambahan sulfur pada tanah tanam (Italy)	Q4
	Asam lemak tak jenuh tunggal	24,26 – 25,61% dari total asam lemak	Cazzato et al, 2014	Prothabat 69, dengan dan tanpa penambahan sulfur pada tanah tanam (Italy)	Q4
	Asam lemak tak jenuh jamak	51,35 – 56,12% dari total asam lemak	Cazzato et al, 2014	Prothabat 69, dengan dan tanpa penambahan sulfur pada tanah tanam (Italy)	Q4
3	Karbohidrat	41,55 – 54,60%	Abusin et al, 2009 ; Singh et al, 2014	BB7, H.93 (Sudan); 2011215, 2011410, VFBP 201302, VFBP 201304, VFBP 201306, Vikrant, Pusa Sumit (India)	Q4; <i>Not listed</i>
	Total gula	3,5 – 4,4%	Crépon et al, 2010	Kara oncet tinggi tanin dan rendah tanin	Q1
	Pati	41,2 – 44,3%	Crépon et al, 2010	Kara oncet tinggi tanin dan rendah tanin	Q1
	Total serat pangan	8,8 – 11,96%	Abusin et al, 2009 ; Crépon et al, 2010	BB7, H.93 (Sudan); Kara oncet tinggi tanin dan rendah tanin	Q4; Q1
4	Abu (mineral)	2,37 – 3,97%	Abusin et al, 2009 ; Singh et al, 2014	BB7, H.93 (Sudan); 2011215, 2011410, VFBP 201302, VFBP 201304, VFBP 201306, Vikrant, Pusa Sumit (India)	Q4; <i>Not listed</i>
	Besi	2,44 – 7,35	Baloch et al, 2014 ; Luo	Eresen87, Salkim, Filiz99, Kıtık2003 (Turkey); kara	Q1; Q1;

No	Nutrien	Kadar ( <i>dry base</i> )	Referensi	Keterangan	Kualitas Jurnal
		mg/100 g	& Xie, 2013 ; Mohamed et al, 2017	oncet sekam hijau dan putih (China); Giza 40 (Egypt, dengan 8 perlakuan penanaman)	Q1
	Mangan	0,53 – 2,64 mg/100 g	Baloch et al, 2014 ; Mohamed et al, 2017	Eresen87, Salkim, Filiz99, Kitik2003 (Turkey); Giza 40 (Egypt, dengan 8 perlakuan penanaman)	Q1; Q1
	Zinc	1,66 – 3,91 mg/100 g	Baloch et al, 2014 ; Luo & Xie, 2013 ; Mohamed et al, 2017	Eresen87, Salkim, Filiz99, Kitik2003 (Turkey); kara oncet sekam hijau dan putih (China); Giza 40 (Egypt, dengan 8 perlakuan penanaman)	Q1; Q1; Q1
	Fosfor	0,15 – 0,29%	Baloch et al, 2014 ; Mohamed et al, 2017	Eresen87, Salkim, Filiz99, Kitik2003 (Turkey); Giza 40 (Egypt, dengan 8 perlakuan penanaman)	Q1; Q1
	Kalium	0,59 – 2,81%	Baloch et al, 2014 ; Mohamed et al, 2017	Eresen87, Salkim, Filiz99, Kitik2003 (Turkey); Giza 40 (Egypt, dengan 8 perlakuan penanaman)	Q1; Q1
	Natrium	25,85 – 30,49 mg/100 g	Ali et al, 2014	Hud, Bas (Sudan)	<i>Not listed</i>
	Kalsium	0,16 – 0,39%	Ali et al, 2014 ; Etemadi et al, 2018	Hud, Bas (Sudan); Windsor, Aquadulce, D'Aquadulce, Early White, Early Violetto, Delle Cascine (USA)	<i>Not listed</i> ; Q3
	Magnesium	0,18 – 0,23%	Ali et al, 2014 ; Etemadi et al, 2018	Hud, Bas (Sudan); Windsor, Aquadulce, D'Aquadulce, Early White, Early Violetto, Delle Cascine (USA)	<i>Not listed</i> ; Q3
5	Prekursor vitamin A (beta karoten)	196 µg/100 g	Lim, 2011	Kara oncet (USA)	<i>Not listed</i>
6	Vitamin B1 (Tiamin)	0,133 – 0,555 mg/100 g	Lim, 2011	Kara oncet (USA)	<i>Not listed</i>
7	Vitamin B2 (Riboflavin)	0,290 – 0,333 mg/100 g	Lim, 2011	Kara oncet (USA)	<i>Not listed</i>
8	Vitamin B3 (Niacin)	2,249 – 2,832 mg/100 g	Lim, 2011	Kara oncet (USA)	<i>Not listed</i>
9	Vitamin B5 (Asam	0,225 – 0,976	Lim, 2011	Kara oncet (USA)	<i>Not listed</i>

No	Nutrien	Kadar ( <i>dry base</i> )	Referensi	Keterangan	Kualitas Jurnal
	pantotenat)	mg/100 g			
10	Vitamin B6 (Piridoksin)	0,104 – 0,366 mg/100 g	Lim, 2011	Kara oncet (USA)	<i>Not listed</i>
11	Vitamin B9 (Folat)	0,53 – 1,3 mg/100 g; 86 – 140 µg/100 g	Hefni et al, 2015 ; Turco et al, 2016	Kara oncet basah (Egypt; asal tidak disebutkan); kara oncet kering ( <i>field dried</i> ; Egypt)	Q2; Q3
12	Vitamin C	1,4 – 3,7 mg/100 g	Lim, 2011	Kara oncet (USA)	<i>Not listed</i>
13	Vitamin E (α-tokoferol)	0,05 mg/100 g	Lim, 2011	Kara oncet (USA)	<i>Not listed</i>



Fraksi protein pada kara oncet kultivar BB7 dan H.93 yang ditanam di Sudan adalah sebagai berikut: albumin 54,13% dan 50,35% dari total protein, globulin 20,24% dan 18,08%, prolamin 2,51% dan 2,24%, glotelin 19,33% dan 18,15%, serta protein *insoluble* 3,60% dan 4,70%, dengan total protein teridentifikasi sebanyak 99,80% pada BB7 dan 93,51% pada H.93 (Abusin et al, 2009). Menurut Abusin et al (2009), perlakuan perendaman selama 8 jam dalam gelap kemudian direbus dalam air mendidih membuat total ketercernaan protein, terutama albumin dan glutelin, meningkat secara signifikan.

Pada kara oncet sekam hijau dan putih (China) mentah, ditemukan bahwa ketercernaan proteinnya berturut-turut adalah 72,65% dan 73,28% (Luo & Xie, 2013). Perlakuan *microwave* (6 min), perendaman (48 jam), dan penghilangan sekam (sekam hijau, China) meningkatkan ketercernaan protein sebanyak 13.3%, sedangkan perlakuan perebusan (100° C, 30 min), perendaman (48 jam), tanpa dan dengan penghilangan sekam (sekam hijau, China) meningkatkan meningkatkan ketercernaan protein berturut-turut sebanyak 15,1% dan 17,1%. Perlakuan *autoclave* (121° C,  $1.5 \times 10^6$  Pa, 20 min), perendaman (48 jam), tanpa dan dengan penghilangan sekam (sekam hijau, China) meningkatkan ketercernaan protein berturut-turut sebanyak 17.3% dan 17.4%. Perlakuan *autoclave* (121° C,  $1.5 \times 10^6$  Pa, 20 min), perendaman (48 jam) dan penghilangan sekam (sekam putih, China) meningkatkan ketercernaan protein sebanyak 11,2% (Luo & Xie, 2013).

Tabel 29. Pengaruh Pengolahan ke Kandungan Nutrien Kara Oncet

No	Nutrien	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal	
1	Protein	Perendaman (8 jam, dalam gelap), air dibuang, direbus (100° C)	Penurunan kadar protein 9,09% (signifikan)	Abusin et al, 2009	Q4	
2	Lemak	Perendaman (8 jam, dalam gelap), air dibuang, direbus (100° C)	Penurunan kadar lemak pada BB7 (Sudan) 40,74% (signifikan)	Abusin et al, 2009	Q4	
3	Besi	Perendaman (24 jam, penggantian air 2 kali, sekam hijau dan putih)	Peningkatan ketersediaannya (signifikan)	79,77%	Luo & Xie, 2013	Q1
		Pengecambahan (25° C, 72 jam, sekam hijau dan putih)	Peningkatan ketersediaannya (signifikan)	81,09%	Luo & Xie, 2013	Q1
4	Zinc	Perendaman (24 jam, penggantian air 2 kali, sekam hijau dan putih)	Peningkatan ketersediaannya (signifikan)	27,08%	Luo & Xie, 2013	Q1
		Pengecambahan (25° C, 72 jam, sekam hijau dan putih)	Peningkatan ketersediaannya (signifikan)	66,15%	Luo & Xie, 2013	Q1



Tabel 30. Profil Asam Amino Kara Oncet (Mortuza et al, 2010; Schumacher et al, 2011; German, Spain, Italy, Bangladesh)

<b>Asam Amino</b>	<b>% dari total protein</b>
<b>Esensial</b>	
<i>Leucine</i>	6,7–7,5
<i>Lysine</i>	5,7–6,9
<i>Phenylalanine</i>	3,9–4,4
<i>Valine</i>	4,4–4,8
<i>Isoleucine</i>	3,9–4,3
<i>Threonine</i>	3,1–3,6
<i>Histidine</i>	2,3 – 3,0
<i>Tryptophan</i>	(tidak disebutkan)
<i>Methionine</i>	0,3–0,8
<b>Non Esensial</b>	
<i>Glutamic acid</i>	15–17,6
<i>Asparagine</i>	9,6–12,3
<i>Arginine*</i>	7,7–11,8
<i>Proline</i>	3,2–4,2
<i>Serine</i>	4,0–4,8
<i>Alanine</i>	3,6–4,1
<i>Glycine</i>	3,8–4,4
<i>Tyrosine*</i>	3,3–4,2
<i>Cysteine*</i>	0,9–1,2

Keterangan :

\* = terkadang dianggap esensial pada anak-anak hewan untuk menunjang pertumbuhan

Menurut Vioque et al (2012), kara oncet memiliki komposisi asam amino yang mirip dengan kacang-kacangan lainnya. Secara keseluruhan, kara oncet memiliki kualitas nutrisi yang baik namun rendah akan asam amino yang memiliki sulfur (*methionine* atau *cysteine*) dan juga *tryptophan* (Mortuza et al, 2010; Vioque et al, 2012). Menurut Mortuza et al (2010), asam amino pembatas pada kara oncet untuk anak usia 2 – 5 tahun adalah *methionine* atau *cysteine*. Selain itu, asam amino esensial lainnya pada kara oncet dapat memenuhi kebutuhan asam amino esensial pada anak-anak meskipun kebanyakan dari asam amino tersebut kandungannya tidak setinggi pada telur ayam (Mortuza et al, 2010). Menurut Turco et al (2016), kara oncet memiliki kandungan *lysine* dan *arginine* yang tinggi, sehingga dapat melengkapi asupan nutrisi pada konsumsi sereal yang rendah akan kedua asam amino tersebut.

#### 4.4.2. Kandungan Zat Fungsional Kara Oncet

Pada penelitian Chaieb et al (2011), digunakan tiga belas kara oncet dengan genotip yang berbeda untuk mengetahui total kandungan fenolik dan flavonoid. Tiga belas genotip ini berasal dari galur Major Tunisia, Minor (20302, 20104, 20304, 20301, 20202), kultivar Diotono, Aquadulce, dan F. chahbi, seluruhnya ditanam di Tunisia. Dari tiga belas genotip tersebut didapatkan range total kandungan fenolik 16,98 – 67,47 mg GAE (*gallic acid equivalent*)/g sampel dan *range* kandungan flavonoid 5,19 – 9,30 mg RE (*rutin equivalent*)/g sampel (Chaieb et al, 2011). Oomah et al (2011) melakukan penelitian yang hampir serupa, yaitu mencari tahu total fenolik pada tiga belas genotip kara oncet yang memiliki kadar tanin yang rendah ( $\pm 1\%$ ). Semua genotip ini ditanam di Canada dengan jenis genotip AO1155, AZ10, Disco, Divine, Fatima, FB25-56, Florent, Imposa, Melodie, NPZ4-7540, Snowbird, SSNS-1, dan Taboar. *Range* total konsentrasi fenolik yang didapatkan adalah 5,5 – 41,8 mg/g *catechin equivalent*. Oomah et al (2011) juga menyebutkan bahwa kara oncet sekam putih memiliki aktivitas antioksidan yang lebih rendah.

Pada penelitian Wolosiak et al (2009), ditemukan bahwa perlakuan pengukusan kara oncet segar (0,62 g GAE/100 g) lebih mempertahankan total kandungan fenoliknya daripada perlakuan pembekuan pada suhu  $-18^{\circ}\text{C}$  dan  $-35^{\circ}\text{C}$  (0,49 dan 0,51 g GAE/100 g). Pada keadaan segar total kandungan fenoliknya sebanyak 0,74 g GAE/100 g. Perlakuan pengukusan setelah kacang dibekukan membuat total kandungan fenolik sedikit berkurang namun signifikan secara statistika. Penelitian ini menggunakan kara oncet kultivar *Windsor White* (Poland).

Tabel 31. Pengaruh Pengolahan ke Kandungan Zat Fungsional Kara Oncet

No	Zat Fungsional	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
1	Senyawa Fenolik	Perendaman (8 jam, dalam gelap), air dibuang, direbus (100° C)	Penurunan total kandungan fenolik 55,3% (signifikan)	Abusin et al, 2009	Q4
		Perendaman (12 jam) dan direbus (100° C, 40 min)	Penurunan total kandungan fenolik 75% (signifikan) karena leaching dan terdegradasi oleh panas	Siah et al, 2014	Q1
		Pengukusan (100° C, hingga empuk)	Penurunan kandungan polifenol 16,22% (signifikan)	Wolosiak et al, 2009	Q1
		<i>Blanching</i> (96° C, 3 min) dan pembekuan (-18° C, 12 bulan)	Penurunan kandungan polifenol 33,78% (signifikan)	Wolosiak et al, 2009	Q1
		<i>Blanching</i> (100° C, 2 min) dan pembekuan (-35° C, 12 bulan)	Penurunan kandungan polifenol 31,08% (signifikan)	Wolosiak et al, 2009	Q1
3	Flavonoid	Perendaman (12 jam) dan direbus (100° C, 40 min)	Penurunan total kandungan flavonoid 77,23% (signifikan) karena leaching dan terdegradasi oleh panas	Siah et al, 2014	Q1

#### 4.4.3. Kandungan Zat Anti Nutrisi Kara Oncet

Pada penelitian Luo & Xie (2013) dengan menggunakan kara oncet dengan sekam hijau dan putih (China), dilakukan berbagai perlakuan perendaman, penghilangan sekam dan pengolahan. Perlakuan perendaman tidak banyak berpengaruh pada kadar asam fitat, aktivitas inhibitor tripsin dan tanin, namun pada perlakuan pembuangan sekam, terjadi peningkatan kadar asam fitat dan aktivitas inhibitor tripsin serta penurunan kadar tanin (semua dalam *dry base*). Hal ini menunjukkan bahwa asam fitat dan inhibitor tripsin terdapat pada kotiledon kara oncet, sehingga ketika sekam dihilangkan, kadar keduanya terlihat meningkat karena total massa keringnya berkurang tanpa mengurangi massa kedua senyawa ini. Sedangkan senyawa tanin lebih banyak terdapat pada sekam, sehingga penghilangan sekam menurunkan kadarnya secara signifikan (Luo & Xie, 2013).

Oomah et al (2011) melakukan penelitian untuk mencari tahu kandungan asam fitat dan enzim fitase pada tiga belas genotip kara oncet yang memiliki kadar tanin yang rendah (keterangan genotip dapat dilihat dibagian zat fungsional kara oncet). Hasilnya didapatkan bahwa kadar asam fitat pada kara oncet sekitar 5,1 – 17,7 g/kg dan fitasnya 1606 – 2154 FTU (*phytase activity unit*)/kg. Satu FTU adalah jumlah enzim yang dibutuhkan untuk membebaskan 1  $\mu\text{M}/\text{min}$  fosfat anorganik dari sodium fitat pada suhu 37° C.

Kara oncet mengandung dua *glucoside* yaitu *vicine* dan *convicine*. Keduanya dapat berubah ke bentuk *aglycone*-nya yaitu *divicine* dan *isouramil* yang keduanya dapat menyebabkan *favism*. *Favism* adalah anemia yang terjadi pada individu yang kadar *erythrocyte glucose 6-phosphate dehydrogenase*-nya (G6PD) rendah, karena kedua *aglycone* tersebut menyebabkan kerusakan oksidatif pada eritrosit dan G6PD seharusnya membantu regulasi NADPH yang melawan aktivitas oksidatif (Vioque et al, 2012). Menurut Crépon et al (2010), perubahan kedua senyawa *glucoside* tersebut menjadi *aglycone* terjadi dengan bantuan enzim *glucosidase*. Pengeringan pada biji dan pemasakan serta asam yang sangat kuat seperti pada pencernaan asam lambung, dapat menginaktivasi enzim tersebut. Namun pada anak-anak dan orang lanjut usia, ada kemungkinan bahwa asam lambungnya tidak cukup asam untuk menginaktivasi enzim

*glucosidase*, maka dari itu pengolahan yang tepat sangat penting sebelum mengonsumsi kara oncet (Crépon et al, 2010).



Tabel 32. Pengaruh Pengolahan ke Kandungan Zat Anti Nutrisi Kara Oncet

No	Zat Anti Nutrisi	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
1	Tanin	Perendaman (8 jam, dalam gelap), air dibuang, direbus (100° C)	Penurunan kadar tanin 91,6% (signifikan)	Abusin et al, 2009	Q4
		<i>Microwave</i> (6 min) dan perendaman (48 jam) (sekam hijau, China)	Penurunan kadar tanin 56,9% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
		<i>Microwave</i> (6 min), perendaman (48 jam), dan penghilangan sekam (sekam hijau, China)	Penurunan kadar tanin 56,4% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
		Perebusan (100° C, 30 min) dan perendaman (48 jam) (sekam hijau, China)	Penurunan kadar tanin 60,3% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
		Perebusan (100° C, 30 min), perendaman (48 jam) dan penghilangan sekam (sekam hijau, China)	Penurunan kadar tanin 62,6% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
		<i>Autoclave</i> (121° C, $1.5 \times 10^6$ Pa, 20 min) dan perendaman (48 jam) (sekam hijau, China)	Penurunan kadar tanin 65,7% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
		<i>Autoclave</i> (121° C, $1.5 \times 10^6$ Pa, 20 min), perendaman (48 jam) dan penghilangan sekam (sekam hijau, China)	Penurunan kadar tanin 65,3% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
		<i>Microwave</i> (6 min) dan perendaman (48 jam) (sekam putih, China)	Penurunan kadar tanin 24,0% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
		Perebusan (100° C, 30 min) dan perendaman (48 jam) (sekam putih, China)	Penurunan kadar tanin 24,9% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
		<i>Autoclave</i> (121° C, $1.5 \times 10^6$ Pa, 20 min) dan perendaman (48 jam) (sekam putih, China)	Penurunan kadar tanin 28,5% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
2	Asam fitat	Perendaman (8 jam, dalam gelap), air dibuang, direbus (100° C)	Penurunan kadar asam fitat 20,16% (signifikan)	Abusin et al, 2009	Q4
		<i>Microwave</i> (6 min) dan perendaman (48 jam) (sekam hijau, China)	Penurunan kadar asam fitat 19,6% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
		Perebusan (100° C, 30 min) dan perendaman (48 jam)	Penurunan kadar asam fitat	Luo & Xie, 2013	Q1

No	Zat Anti Nutrisi	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
		(sekam hijau, China)	26,6% (signifikan)	2013	
		Perebusan (100° C, 30 min), perendaman (48 jam) dan penghilangan sekam (sekam hijau, China)	Penurunan kadar asam fitat 12,9% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
		<i>Autoclave</i> (121° C, 1.5 × 10 <sup>6</sup> Pa, 20 min) dan perendaman (48 jam) (sekam hijau, China)	Penurunan kadar asam fitat 38,8% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
		<i>Autoclave</i> (121° C, 1.5 × 10 <sup>6</sup> Pa, 20 min), perendaman (48 jam) dan penghilangan sekam (sekam hijau, China)	Penurunan kadar asam fitat 22,7% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
3	Inhibitor Tripsin	<i>Microwave</i> (6 min) (sekam hijau, China)	Penurunan kadar inhibitor tripsin 52,4% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
		Perebusan (100° C, 30 min) (sekam hijau, China)	Penurunan kadar inhibitor tripsin 54,8% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
		<i>Autoclave</i> (121° C, 1.5 × 10 <sup>6</sup> Pa, 20 min) (sekam hijau, China)	Penurunan kadar inhibitor tripsin 50,4% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
		<i>Microwave</i> (6 min) (sekam putih, China)	Penurunan kadar inhibitor tripsin 42,0% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
		Perebusan (100° C, 30 min) (sekam putih, China)	Penurunan kadar inhibitor tripsin 67,7% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
		<i>Autoclave</i> (121° C, 1.5 × 10 <sup>6</sup> Pa, 20 min) (sekam putih, China)	Penurunan kadar inhibitor tripsin 84,0% (signifikan)	Luo & Xie, 2013	Q1
4	Lektin	Perlakuan panas ( <i>microwave</i> (6 min), perebusan (100° C, 30 min), <i>autoclave</i> (121° C, 1.5 × 10 <sup>6</sup> Pa, 20 min))	Aktivitas lektin menurun secara signifikan (75 – 100%)	Luo & Xie, 2013	Q1

#### 4.5. Kacang Tanah

Kacang tanah tumbuh di daerah-daerah yang cenderung hangat, seperti daerah tropis, subtropis, dan Mediterania (Adeyeye, 2010). Kacang tanah tinggi akan lemak/minyak, sehingga kacang tanah banyak ditumbuhkan untuk dipakai minyaknya. Minyak kacang tanah dianggap sebagai minyak konsumsi yang premium karena memiliki kestabilan oksidatif yang sangat baik (Nile & Park, 2013). Sayangnya kacang tanah dapat menimbulkan reaksi alergi pada sebagian orang karena mengandung alergen Ara h (1 hingga 11) (Comstock et al, 2016; Iqbal et al, 2016). Kombinasi perlakuan perebusan dan penggorengan, serta perlakuan panas lainnya mampu mengurangi kandungan kedua alergen tersebut ada kacang, namun tidak dapat menghilangkan alergen pada kacang seluruhnya (Comstock et al, 2016; Iqbal et al, 2016).





#### 4.5.1. Kandungan Nutrisi Kacang Tanah

Tabel 33. Kandungan Nutrien Kacang Tanah Mentah

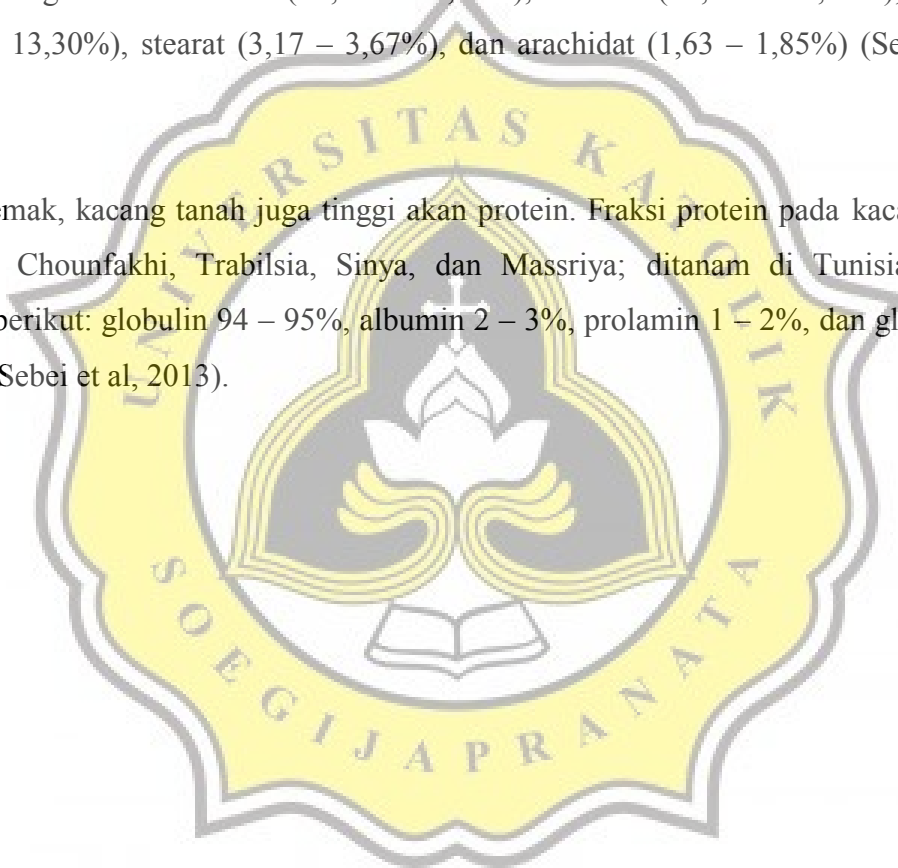
No	Nutrien	Kadar ( <i>dry base</i> )	Referensi	Keterangan	Kualitas Jurnal
1	Protein	23,5 27,57%	– Campos-Mondragón et al, 2009 ; Shokunbi et al, 2012	Ranferi Díaz, VA-81-B, NC-2, Col-61-Gto, Col-24-Gro, Florunner (Mexico); Boro Light, Boro Red, Mokwa, Campala, Ela (Nigeria)	Q3; Q3
2	Lemak	48,6 – 53,4%	Adeyeye & Agesin, 2012 ; Campos-Mondragón et al, 2009 ; Shokunbi et al, 2012	Kacang tanah (Nigeria); Ranferi Díaz, VA-81-B, NC-2, Col-61-Gto, Col-24-Gro, Florunner (Mexico); Boro Light, Boro Red, Mokwa, Campala, Ela (Nigeria)	<i>Not listed</i> ; Q3; Q3
	Asam lemak jenuh	19% dari total lemak	Craft et al, 2010	GA Green No 2, C99R, TamRun OL02, TamSpan 90, GA Green, Gregory, OLIN, NC-V11 (USA)	Q1
	Asam lemak tak jenuh tunggal	57,9% dari total lemak	Craft et al, 2010	GA Green No 2, C99R, TamRun OL02, TamSpan 90, GA Green, Gregory, OLIN, NC-V11 (USA)	Q1
	Asam lemak tak jenuh jamak	22,6% dari total lemak	Craft et al, 2010	GA Green No 2, C99R, TamRun OL02, TamSpan 90, GA Green, Gregory, OLIN, NC-V11 (USA)	Q1
3	Karbohidrat	17,03 23,4%	– Campos-Mondragón et al, 2009 ; Shokunbi et al, 2012	Ranferi Díaz, VA-81-B, NC-2, Col-61-Gto, Col-24-Gro, Florunner (Mexico); Boro Light, Boro Red, Mokwa, Campala, Ela (Nigeria)	Q3; Q3
	Total serat pangan	2,8 – 4,4%	Campos-Mondragón et al, 2009 ; Shokunbi et al, 2012	Ranferi Díaz, VA-81-B, NC-2, Col-61-Gto, Col-24-Gro, Florunner (Mexico); Boro Light, Boro Red, Mokwa, Campala, Ela (Nigeria)	Q3; Q3
4	Abu (mineral)	2,0 – 3,5%	Campos-Mondragón et al, 2009 ; Shokunbi et al, 2012	Ranferi Díaz, VA-81-B, NC-2, Col-61-Gto, Col-24-Gro, Florunner (Mexico); Boro Light, Boro Red, Mokwa, Campala, Ela (Nigeria)	Q3; Q3

No	Nutrien	Kadar ( <i>dry base</i> )	Referensi	Keterangan	Kualitas Jurnal
	Besi	1,33 – 1,67 mg/100 g	Shokunbi et al, 2012	Boro Light, Boro Red, Mokwa, Campala, Ela (Nigeria)	Q3
	Mangan	24,10 – 30,91 mg/100 g	Shokunbi et al, 2012	Boro Light, Boro Red, Mokwa, Campala, Ela (Nigeria)	Q3
	Zinc	2,79 – 4,14 mg/100 g	Shokunbi et al, 2012	Boro Light, Boro Red, Mokwa, Campala, Ela (Nigeria)	Q3
	Fosfor	372,50 – 402,94 mg/100 g	Shokunbi et al, 2012	Boro Light, Boro Red, Mokwa, Campala, Ela (Nigeria)	Q3
	Kalium	575,24 – 611,21 mg/100 g	Shokunbi et al, 2012	Boro Light, Boro Red, Mokwa, Campala, Ela (Nigeria)	Q3
	Natrium	3,37 – 5,12 mg/100 g	Shokunbi et al, 2012	Boro Light, Boro Red, Mokwa, Campala, Ela (Nigeria)	Q3
	Kalsium	43,71 – 62,58 mg/100 g	Shokunbi et al, 2012	Boro Light, Boro Red, Mokwa, Campala, Ela (Nigeria)	Q3
	Magnesium	97,86 – 111,95 mg/100 g	Shokunbi et al, 2012	Boro Light, Boro Red, Mokwa, Campala, Ela (Nigeria)	Q3
5	Prekursor vitamin A (beta karoten)	63,32 – 65,35 mg/100 g	Shokunbi et al, 2012	Boro Light, Boro Red, Mokwa, Campala, Ela (Nigeria)	Q3
6	Vitamin (Tiamin)	B1 0,73 – 0,98 mg/100 g	Shokunbi et al, 2012	Boro Light, Boro Red, Mokwa, Campala, Ela (Nigeria)	Q3
7	Vitamin (Riboflavin)	B2 0,098 mg/100 g	Settaluri et al, 2012	Kacang tanah panggang	<i>Not listed</i>

No	Nutrien	Kadar ( <i>dry base</i> )	Referensi	Keterangan	Kualitas Jurnal
8	Vitamin (Niacin)	B3 14,00 16,03 mg/100 g	– Shokunbi et al, 2012	Boro Light, Boro Red, Mokwa, Campala, Ela (Nigeria)	Q3
9	Vitamin (Asam pantotenat)	B5 1,395 mg/100 g	Settaluri et al, 2012	Kacang tanah panggang	<i>Not listed</i>
10	Vitamin (Piridoksin)	B6 0,256 mg/100 g	Settaluri et al, 2012	Kacang tanah panggang	<i>Not listed</i>
11	Vitamin (Folat)	B9 1,450 mg/100 g	Settaluri et al, 2012	Kacang tanah panggang	<i>Not listed</i>
12	Vitamin E (total tokoferol)	20,54 35,16 mg/100 g	– Campos-Mondragón et al, 2009	Ranferi Díaz, VA-81-B, NC-2, Col-61-Gto, Col-24-Gro, Florunner (Mexico)	Q3
	$\alpha$ - tokoferol	4,83 – 7,77 mg/100 g	Campos-Mondragón et al, 2009	Ranferi Díaz, VA-81-B, NC-2, Col-61-Gto, Col-24-Gro, Florunner (Mexico)	Q3
	$\gamma$ - tokoferol	14,41 – 28,29 mg/100 g	Campos-Mondragón et al, 2009	Ranferi Díaz, VA-81-B, NC-2, Col-61-Gto, Col-24-Gro, Florunner (Mexico)	Q3
	$\delta$ -tokoferol	0,26 – 1,07 mg/100 g	Campos-Mondragón et al, 2009	Ranferi Díaz, VA-81-B, NC-2, Col-61-Gto, Col-24-Gro, Florunner (Mexico)	Q3

Kacang tanah memiliki kandungan lemak/minyak yang sangat tinggi. Sebanyak 19% dari total asam lemaknya adalah asam lemak jenuh dan 81% asam lemak tak jenuh. Asam lemak tak jenuh ini terdiri atas asam lemak tak jenuh tunggal sebanyak 57,9% (dari total asam lemak), asam lemak tak jenuh ganda sebanyak 22,6% (dari total asam lemak), dan asam lemak tak jenuh rangkap tiga sebanyak 0,5% (dari total asam lemak) (Adeyeye & Agesin, 2012). Mengonsumsi makanan yang rendah asam lemak jenuh dan tinggi akan asam lemak tak jenuh seperti kacang tanah dapat mengurangi risiko penyakit kardiovaskular (Craft et al, 2010). Komposisi asam lemak pada kacang tanah adalah sebagai berikut: oleat (37,94 – 41,90%), linoleat (34,59 – 37,51%), palmitat (12,22 – 13,30%), stearat (3,17 – 3,67%), dan arachidat (1,63 – 1,85%) (Sebei et al, 2013).

Selain lemak, kacang tanah juga tinggi akan protein. Fraksi protein pada kacang tanah (kultivar Chounfakhi, Trabilisia, Sinya, dan Massriya; ditanam di Tunisia) adalah sebagai berikut: globulin 94 – 95%, albumin 2 – 3%, prolamin 1 – 2%, dan glutelin 0,5 – 1,5% (Sebei et al, 2013).



Tabel 34. Pengaruh Pengolahan ke Kandungan Nutrien Kacang Tanah

No	Nutrien	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
1	Protein	Perebusan (100° C, 15 min)	Penurunan kadar protein 49,7% (signifikan)	Mada et al, 2012	<i>Not listed</i>
	Asam amino	Perendaman	Penurunan kadar asam amino 7,4%	Li et al, 2014	Q3
2	Lemak	Penggorengan	Peningkatan kadar lemak 7,99%	Tobin-West & Baraka, 2018	<i>Not listed</i>
		Pemanggangan	Peningkatan kadar lemak 5,50%	Tobin-West & Baraka, 2018	<i>Not listed</i>
		Pengecambahan (5 hari)	Penurunan kadar lemak 50%	Li et al, 2014	Q3
3	Karbohidrat	Penggorengan	Penurunan kadar karbohidrat 4,54%	Tobin-West & Baraka, 2018	<i>Not listed</i>
		Perebusan dan pengasapan (24 jam, dengan kulitnya)	Penurunan kadar karbohidrat 4,96%	Tobin-West & Baraka, 2018	<i>Not listed</i>
		Pengecambahan (5 hari)	Penurunan kadar gula larut air 50%	Li et al, 2014	Q3
4	Abu	Perebusan (100° C, 15 min)	Penurunan kadar abu 47,03% (signifikan)	Mada et al, 2012	<i>Not listed</i>
		Pemanggangan	Penurunan kadar abu 39,24% (signifikan)	Mada et al, 2012	<i>Not listed</i>

Tabel 35. Profil Asam Amino Kacang Tanah (Abdualrahman, 2013; Adeyeye, 2010; Nigeria, Sudan)

<b>Asam Amino</b>	<b>% dari total protein</b>
<b>Esensial</b>	
<i>Leucine</i>	7,3- 7,5
<i>Lysine</i>	3,8 – 4,3
<i>Phenylalanine</i>	4,7 – 6,1
<i>Valine</i>	4,6 – 5,2
<i>Isoleucine</i>	4,2 – 4,3
<i>Threonine</i>	3,2 – 4,2
<i>Histidine</i>	2,4
<i>Tryptophan</i>	(tidak disebutkan)
<i>Methionine</i>	1,0 – 1,4
<b>Non Esensial</b>	
<i>Glutamic acid</i>	14,9 – 19,7
<i>Asparagine</i>	9,1 – 10,1
<i>Arginine*</i>	5,9 – 13,3
<i>Proline</i>	3,5 – 6,2
<i>Serine</i>	3,4 – 4,6
<i>Alanine</i>	3,7 – 4,6
<i>Glycine</i>	4,4 – 4,6
<i>Tyrosine*</i>	2,9 – 3,5
<i>Cysteine*</i>	1,0 – 1,4

Keterangan :

\* = terkadang dianggap esensial pada anak-anak hewan untuk menunjang pertumbuhan

Adeyeye (2010) melakukan penelitian mengenai perubahan komposisi asam amino pada kacang tanah setelah dilakukan perebusan (85-90°C, 20 min) dan pemanggangan (120-130°C, 30 min). Hasilnya, pemanggangan menurunkan semua kandungan asam amino dengan perubahan 7,26% hingga 60,6%, sedangkan pada perebusan terjadi penurunan dan peningkatan pada kandungan asam aminonya. Menurut Adeyeye (2010), hal ini dapat terjadi karena isomerisasi akibat suhu yang tinggi dan reaksi Maillard. Total asam amino bebas pada kacang tanah sangat bervariasi, mulai dari 0,57 mg/100 g hingga 2,88 mg/100 g (25 sampel kacang tanah dari 25 daerah di Turkey) (Turfan et al, 2019).

Pada penelitian Li et al (2014), dilakukan pengecambahan pada kacang tanah. Pada saat perendaman, terjadi penurunan total asam amino sebanyak 7,4%. Pada saat dilakukan

pengecambahan, total asam aminonya cenderung konstan yang artinya pengecambahan tidak merubah kandungan protein kacang tanah (Li et al, 2014).

#### 4.5.2. Kandungan Zat Fungsional Kacang Tanah

Kacang tanah mengandung fitosterol yang berperan dalam mengurangi total plasma kolesterol, terutama kolesterol LDL (Campos-Mondragón et al, 2009). Menurut penelitian Campos-Mondragón et al (2009), pada minyak kacang tanah kultivar Ranferi Díaz, VA-81-B, NC-2, Col-61-Gto, Col-24-Gro, dan Florunner (Mexico) terdapat beberapa fitosterol, di antaranya stigmaterol (9,1 – 11,4 g/100 g total sterol), campesterol (7,9 – 15,2 g/100 g total sterol), dan  $\beta$ -sitosterol (62,5 – 70,7 g/100 g total sterol).

Pada penelitian Craft et al (2010), digunakan lima belas sampel kacang tanah untuk mencari tahu kandungan fenoliknya serta efek pemanggangan kering dan penggorengan ke kandungan fenoliknya. Lima belas sampel tersebut berasal dari USA dengan beberapa daerah yang berbeda, dengan jenis kultivar GA Green No 2, C99R, TamRun OL02, TamSpan 90, GA Green, Gregory, OLIN, NC-V11. Pada kacang tanah mentah, didapatkan kandungan fenoliknya sekitar 104 – 221 mg *p-coumaric acid equivalents*/100 g kacang. Dengan perlakuan pemanggangan kering, didapatkan kandungan fenoliknya sekitar 92 – 194 mg *p-coumaric acid equivalents*/100 g kacang, dan penggorengan sekitar 91 - 202 *p-coumaric acid equivalents*/100 g kacang. Dari kedua perlakuan tersebut, pada beberapa sampel kacang, terjadi peningkatan kandungan fenolik. Namun pada sampel lainnya juga terjadi penurunan kandungan fenolik (Craft et al, 2010). Menurut Craft et al (2010), nilai total kandungan fenolik yang didapat terlalu bervariasi untuk menarik kesimpulan efek pengolahan terhadap total kandungan fenolik, namun secara keseluruhan, pengolahan tidak banyak berpengaruh terhadap total kandungan fenolik.

Kacang tanah juga mengandung isoflavon seperti *daidzein* (49,7  $\mu$ g/ 100 g kacang tanah panggang) dan *genistein* (82,6  $\mu$ g/ 100 g kacang tanah panggang). Keduanya memiliki fungsi sebagai antioksidan dan menghambat pertumbuhan sel kanker (Toomer, 2017). Selain itu terdapat juga senyawa resveratrol yang termasuk senyawa fenolik yang

memiliki dampak positif bagi kesehatan jika dikonsumsi, seperti menurunkan risiko penyakit kardiovaskular, kanker, Alzheimer, diabetes, obesitas, dan inflamasi (Adhikari et al, 2018). Kandungan resveratrol pada kacang tanah (Daekwang, Akwang, Baekjung, Alogi, Pungan, dan Heugttangkong; ditanam di Korea) sekitar 0,8 – 2,1  $\mu\text{g/g}$  (Adhikari et al, 2018).

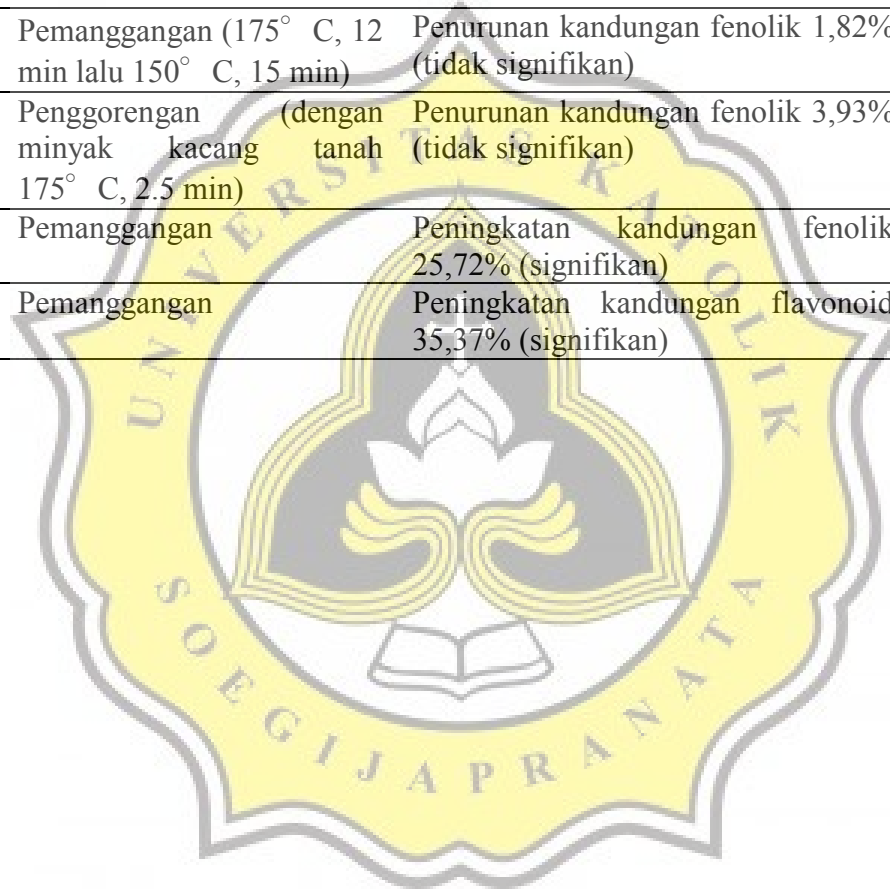
Pada penelitian Adhikari et al (2018), dilakukan pengecambahan kacang tanah untuk konsumsi. Kecambah kacang tanah dirasa memiliki rasa yang unik. Pada perlakuan pengecambahan, Adhikari et al (2018) menyarankan pemanenan pada hari ke 5-7/8 tergantung pada kultivarnya. Pengecambahan tidak memiliki dampak yang konsisten terhadap kandungan resveratrol, polifenol dan aktivitas antioksidannya. Pada pengecambahan hari ke 5, kadar resveratrol pada kecambah kacang tanah sebanyak 4,1 – 7,9  $\mu\text{g/g}$  dan pada hari ke 9 sebanyak 2,9 – 11,4  $\mu\text{g/g}$  (Adhikari et al, 2018).





Tabel 36. Pengaruh Pengolahan ke Kandungan Zat Fungsional Kacang Tanah

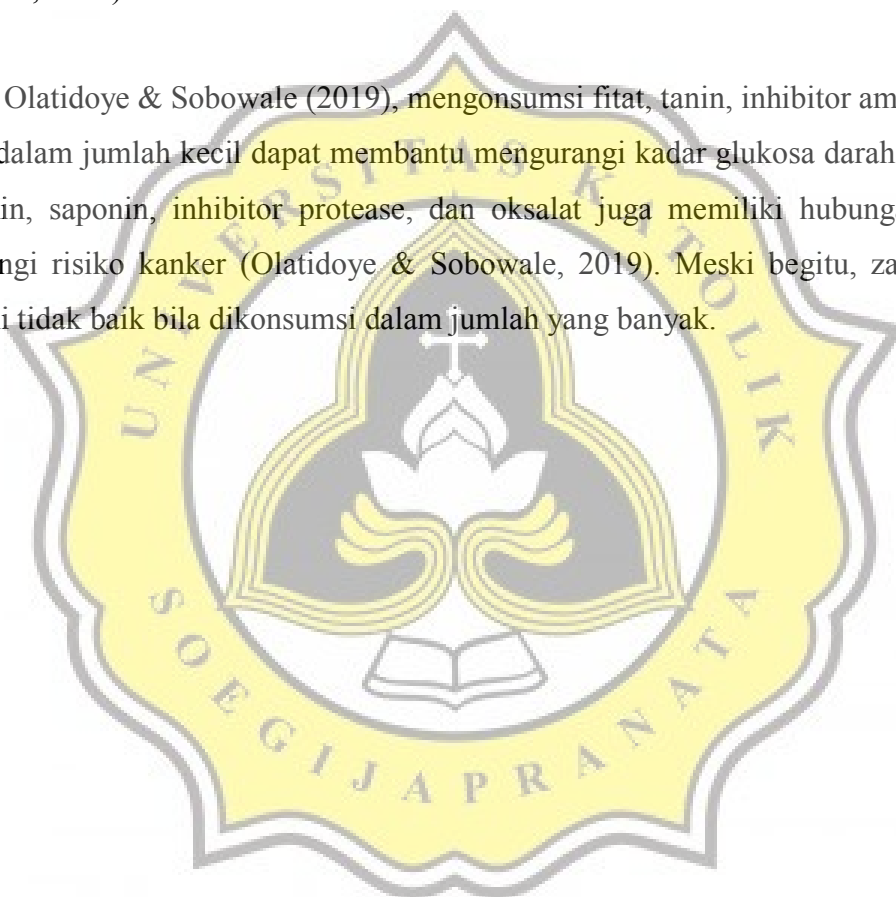
No	Zat Fungsional	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
1	Fenolik	Pemanggangan (175° C, 12 min lalu 150° C, 15 min)	Penurunan kandungan fenolik 1,82% (tidak signifikan)	Craft et al, 2010	Q1
		Penggorengan (dengan minyak kacang tanah 175° C, 2.5 min)	Penurunan kandungan fenolik 3,93% (tidak signifikan)	Craft et al, 2010	Q1
		Pemanggangan	Peningkatan kandungan fenolik 25,72% (signifikan)	Kamalaja et al, 2018	<i>Not listed</i>
2	Flavonoid	Pemanggangan	Peningkatan kandungan flavonoid 35,37% (signifikan)	Kamalaja et al, 2018	<i>Not listed</i>



#### 4.5.3. Kandungan Zat Anti Nutrisi Kacang Tanah

Pada kacang tanah, terdapat beberapa zat anti nutrisi seperti fitat, tanin, saponin, oksalat, dan inhibitor tripsin (Mada et al, 2012). Pada penelitian Mada et al (2012) dengan menggunakan tiga kultivar kacang tanah (lokal, Samnut 23, Samnut 22; ditanam di Nigeria), diberikan perlakuan perebusan ( $100^{\circ}$  C, 15 min) dan pemanggangan untuk melihat efeknya ke zat-zat anti nutrisi tersebut. Hasilnya, terjadi penurunan signifikan kandungan zat anti nutrisi setelah pengolahan, terutama pada perlakuan perebusan (Mada et al, 2012).

Menurut Olatidoye & Sobowale (2019), mengonsumsi fitat, tanin, inhibitor amilase, dan saponin dalam jumlah kecil dapat membantu mengurangi kadar glukosa darah. Bahkan, fitat, tanin, saponin, inhibitor protease, dan oksalat juga memiliki hubungan dalam mengurangi risiko kanker (Olatidoye & Sobowale, 2019). Meski begitu, zat-zat anti nutrisi ini tidak baik bila dikonsumsi dalam jumlah yang banyak.



Tabel 36. Pengaruh Pengolahan ke Kandungan Zat Anti Nutrisi Kacang Tanah

No	Zat Anti Nutrisi	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal	
1	Fitat dan asam fitat	Perebusan (100° C, 15 min)	Penurunan kandungan fitat (signifikan)	63,16%	Mada et al, 2012	<i>Not listed</i>
		Pemanggangan	Penurunan kandungan fitat (signifikan)	28,07%	Mada et al, 2012	<i>Not listed</i>
		Perebusan (100° C, 40 min)	Penurunan kandungan fitat 9,1% (signifikan)		Embaby, 2010	Q3
		Microwave (2450 MHz, 12 min)	Penurunan kandungan fitat (signifikan)	11,8%	Embaby, 2010	Q3
		Perebusan (100° C, 1 jam)	Penurunan kandungan fitat (signifikan)	83,59%	Olatidoye & Sobowale, 2019	<i>Not listed</i>
		Pemanggangan (300° C, 1 jam)	Penurunan kandungan fitat (signifikan)	85,6%	Olatidoye & Sobowale, 2019	<i>Not listed</i>
2	Tanin	Perebusan (100° C, 15 min)	Penurunan kandungan tanin (signifikan)	8,62%	Mada et al, 2012	<i>Not listed</i>
		Pemanggangan	Penurunan kandungan tanin (signifikan)	5,17%	Mada et al, 2012	<i>Not listed</i>
		Perebusan (100° C, 40 min)	Penurunan kandungan tanin (signifikan)	41,6%	Embaby, 2010	Q3
		Microwave (2450 MHz, 12 min)	Penurunan kandungan tanin (signifikan)	18,0%	Embaby, 2010	Q3
		Pemanggangan (300° C, 1 jam)	Penurunan kandungan tanin (signifikan)	97,51%	Olatidoye & Sobowale, 2019	<i>Not listed</i>
		Perebusan (100° C, 1 jam)	Penurunan kandungan tanin (signifikan)	97,72%	Olatidoye & Sobowale, 2019	<i>Not listed</i>
3	Saponin	Perebusan (100° C, 15 min)	Penurunan kandungan saponin (signifikan)	37,27%	Mada et al, 2012	<i>Not listed</i>

No	Zat Anti Nutrisi	Metode Pengolahan	Efek Pengolahan	Referensi	Kualitas Jurnal
		min)			
		Perebusan (100° C, 1 jam)	Penurunan kandungan saponin (signifikan)	81,67% Olatidoye & Sobowale, 2019	<i>Not listed</i>
		Pemanggangan	Penurunan kandungan saponin (signifikan)	13,66% Mada et al, 2012	<i>Not listed</i>
		Pemanggangan (300° C, 1 jam)	Penurunan kandungan saponin (signifikan)	85,36% Olatidoye & Sobowale, 2019	<i>Not listed</i>
4	Oksalat	Perebusan (100° C, 15 min)	Penurunan kandungan oksalat (signifikan)	13,19% Mada et al, 2012	<i>Not listed</i>
		Perebusan (100° C, 1 jam)	Penurunan kandungan oksalat (signifikan)	72,7% Olatidoye & Sobowale, 2019	<i>Not listed</i>
		Pemanggangan	Penurunan kandungan oksalat (signifikan)	6,59% Mada et al, 2012	<i>Not listed</i>
		Pemanggangan (300° C, 1 jam)	Penurunan kandungan oksalat (signifikan)	67,53% Olatidoye & Sobowale, 2019	<i>Not listed</i>
5	Inhibitor tripsin	Perebusan (100° C, 15 min)	Penurunan kandungan inhibitor tripsin 23,08% (signifikan)	Mada et al, 2012	<i>Not listed</i>
		Pemanggangan	Penurunan kandungan inhibitor tripsin 7,69% (signifikan)	Mada et al, 2012	<i>Not listed</i>
		Perebusan (100° C, 40 min)	Penurunan aktivitas inhibitor tripsin (signifikan)	100% Embaby, 2010	Q3
		Microwave (2450 MHz, 12 min)	Penurunan aktivitas inhibitor tripsin (signifikan)	61,5% Embaby, 2010	Q3