

3. HASIL

Seiring berjalananya waktu, aplikasi pewarna alami pada produk pangan semakin marak, dengan bertambahnya pengetahuan konsumen dan permintaan akan produk yang lebih natural dan aman. Selain memberikan warna, antosianin juga memiliki aktivitas antioksidan yang dapat meningkatkan nilai dari produk. Salah satu sumber pewarna alami antosianin adalah bunga *edible*. Meskipun memiliki banyak khasiat, konsumsi bunga *edible* masih cenderung rendah terutama karena adanya *neophobia* (enggan mencoba makanan baru), terutama pada anak-anak (Benvenuti et al., 2016). Oleh karena itu, pengolahan bunga *edible* menjadi pewarna alami dapat menjadi siasat untuk menangani hal tersebut. Pewarna alami antosianin banyak didapatkan dari bermacam-macam bunga *edible*, diantaranya adalah bunga rosella, mawar, dan telang. Dalam penggunaannya sebagai pewarna alami, bunga *edible* diolah dengan metode ekstraksi menghasilkan ekstrak yang kemudian digunakan sebagai pewarna alami untuk diaplikasikan pada produk pangan.

3.1. Kondisi Ekstraksi Metode Maserasi Bunga Terhadap Karakteristik Kimiawi Ekstrak

3.1.1. Bunga Rosella

Penggunaan bunga rosella sebagai pewarna alami pada produk pangan dapat dilakukan dengan metode ekstraksi. Ekstrak bunga rosella diaplikasikan sebagai pewarna alami pada berbagai produk, seperti *cupcake* (Abdel-Moemin, 2016), agar-agar, sirup, kue mangkuk, kue lapis (Isnaini, 2010), selai (José et al., 2019), konsentrat minuman, minuman siap minum (Monteiro et al., 2017), keripik (Setyasyih et al., 2008), serta jel (Adriana et al., 2020; Attahmid et al., 2020).

Ekstrak rosella yang digunakan sebagai pewarna produk pangan yang diulas didapatkan dari metode maserasi (Tabel 4). Pada seluruh penelitian, metode maserasi dilakukan tanpa alat, kecuali pada penelitian Isnaini (2010) dimana digunakan *waterbath shaker* dalam metode maserasi untuk mengekstrak antosianin bunga rosella. Bunga rosella yang sudah dikeringkan dan dibuat menjadi bubuk digunakan sebagai sampel pada seluruh penelitian, kecuali pada penelitian Isnaini (2010) dimana bunga rosella hanya diblender saja. Rasio bunga dibanding pelarut yang digunakan saat ekstraksi beragam, namun juga terdapat

kesamaan, penelitian Adriana et al. (2020), dan penelitian Attahmid et al. (2020) sama-sama menggunakan rasio 1:10 saat dilakukan ekstraksi.

Berdasarkan data pada Tabel 4, dapat dilihat bahwa kelopak rosella yang diekstrak dalam penelitian Abdel-Moemin (2016) mengandung antosianin total sebesar 580 mg/100 g D.M. yang terdiri dari *delphinidin*-3-sambubiosida, *cyanidin*-3-sambubiosida, dan *delphinidin*-3-glukosida; dengan jumlah *delphinidin*-3-glukosida adalah 565 mg/100 g D.M. Jumlah antosianin dalam ekstrak rosella yang dihasilkan dalam penelitian adalah 535 mg *cyanidin*-3-glukosida/100 g ekstrak, menunjukkan 5,3% penurunan dibandingkan dengan jumlah antosianin pada kelopak rosella; sedangkan jumlah total antosianin pada ekstrak turun sebesar 5,2% menjadi 550 mg/100 g ekstrak. Ekstrak rosella memiliki pH 5,5 (Abdel-Moemin, 2016).

Total antosianin dalam ekstrak rosella yang digunakan dalam penelitian Isnaini (2010) adalah 19,09 mg/100 ml ekstrak, dengan aktivitas antioksidan sebesar 53,68%, pH sebesar 2,23, nilai L 26,23, dan nilai a* 32,88, serta total asam 1,26%. Ekstrak rosella yang didapatkan pada penelitian Adriana et al. (2020) mengandung antosianin sebesar 7,7 mg/g sampel, aktivitas antioksidan sebesar 91,8%, dan total asam tertitrasi sebesar 1,38% (Adriana et al., 2020). Metode DPPH digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan dengan menggunakan larutan DPPH sebagai radikal bebas. Hasil aktivitas antioksidan dinyatakan dalam persen berkurangnya warna DPPH, dimana semakin besar angka persen maka aktivitas antioksidan semakin besar (Visita & Putri, 2014). Ekstrak bunga rosella pada penelitian Attahmid et al. (2020) memiliki pH 2,16 dan nilai IC₅₀ sebesar 46,52. Nilai IC₅₀ merupakan konsentrasi ekstrak yang dapat menghambat proses oksidasi sebesar 50%, digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan dengan metode DPPH, dimana semakin kecil angka IC₅₀ maka aktivitas antioksidan semakin tinggi (Attahmid et al., 2020).

Tabel 4. Kondisi ekstraksi metode maserasi bunga rosella terhadap karakteristik kimiawi ekstrak

Perlakuan pendahuluan	Pelarut	Rasio (w/v)	Keterangan	Total antosianin	Aktivitas antioksidan	pH	Referensi
Vacuum-dryer 28°C 3 jam, penggerusan (bubuk)	Aquades	100 g : 200 mL	1 malam (suhu ruang) Dipanaskan 80°C 1 jam Disaring	550 mg/100 g	-	5,5	(Abdel-Moemin, 2016)

Kering, blender	Aquades	1:3	40°C 15 menit (disaring) + 15% gelatin	19 mg/100 ml	% DPPH = 53,68	2,23	(Isnaini, 2010)
Kering, blender (bubuk)	Aquades	1:10	100°C 30 menit Disaring	7,7 mg/100 g	% DPPH = 91,8	-	(Adriana et al., 2020)
Kering, blender (bubuk)	Asam sitrat 2%	50 g : 500 mL	Suhu ruang 24 jam Disaring, sentrifugasi 2000 rpm 10 menit	-	IC ₅₀ = 46,52 ppm	2,16	(Attahmid et al., 2020)

Keterangan:

DPPH = 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

IC₅₀ = inhibition concentration 50%

Tanda (-) artinya tidak dilakukan analisis

3.1.2. Bunga Mawar

Ekstrak dari bunga mawar juga dapat digunakan sebagai pewarna alami. Dalam studi ini, ekstrak bunga mawar yang diulas seluruhnya berasal dari metode ekstraksi maserasi (Tabel 5). Ekstrak bunga mawar didapatkan dari proses maserasi tanpa alat pada penelitian Shikov et al., (2012), sedangkan pada penelitian Pires et al. (2018) dilakukan dengan *stirring plate*. Mawar yang sudah dikeringkan digunakan pada penelitian Shikov et al. (2012), namun dilakukan penggerusan bunga setelah pengeringan menjadi bubuk pada penelitian Pires et al. (2018). Ekstrak bunga mawar yang didapatkan dalam penelitian Shikov et al. (2012) mengandung total fenolik sebesar 13,2 g/100 g ekstrak; dengan antosianin yang dikandung adalah sebesar 39,8 mg/L. Dilaporkan dalam penelitian, selain mengandung antosianin, kandungan dalam ekstrak kelopak mawar didominasi oleh flavonol, terutama kaempferol dan glikosida quercetin (Shikov et al., 2012). Ekstrak bunga mawar hasil maserasi pada penelitian Pires et al. (2018) memiliki kandungan antosianin sebesar 46 mg/100 g kelopak mawar. Antosianin yang dikandung dalam ekstrak kelopak mawar adalah *cyanidin* 3,5-di-*O*-glukosida yang merupakan antosianin utama dalam kelopak *R. damascena* dan *R. hybrida* sebanyak 13,19 µg/g ekstrak, serta *cyanidin*-3-*O*-glukosida yang merupakan pigmen antosianin dengan warna merah keunguan yang juga dapat ditemukan dalam *R. canina* sebanyak 0,13 µg/g ekstrak; sehingga total antosianin yang terkandung dalam ekstrak bunga mawar dalam penelitian adalah 13,32 µg/g ekstrak (Pires et al., 2018).

Tabel 5. Kondisi ekstraksi metode maserasi bunga mawar terhadap karakteristik kimiawi ekstrak

Perlakuan pendahuluan	Pelarut	Rasio (w/v)	Keterangan	Total antosianin	Aktivitas antioksidan	pH	Referensi
--------------------------	---------	----------------	------------	---------------------	--------------------------	----	-----------

<i>Hot air dryer 60°C 6 jam</i>	<i>Aqueous ethanol 30%</i>	1:20	Suhu ruang 1 jam Disaring Evaporasi solven organik <i>under vacuum</i> 30°C <i>Lyophilized</i> 72 jam 25°C 1 jam 150 rpm	39,2 mg/L	-	-	(Shikov et al., 2012)
Kering, penggerusan (bubuk)	Aquades	1:50	Disaring <i>Lyophilized</i>	13,32 µg/g	-	-	(Pires et al., 2018)

Keterangan:

Tanda (-) artinya tidak dilakukan analisis

3.1.3. Bunga Telang

Di samping bunga rosella dan bunga mawar, bunga telang juga dapat diekstrak untuk digunakan sebagai pewarna alami. Dalam studi, seluruh ekstrak bunga telang yang diulas didapatkan dari metode ekstraksi maserasi (Tabel 6). Ekstraksi antosianin dari bunga telang dilakukan dengan sampel bunga telang yang hanya melalui pengeringan pada percobaan Chusak et al. (2019) dan bunga telang yang hanya dikecilkan ukurannya pada percobaan Palimbong & Pariama (2020). Rasio sampel bunga telang berbanding pelarut yang digunakan untuk mengekstrak beragam.

Kelopak bunga telang hasil ekstraksi metode maserasi dalam penelitian Chusak et al. (2019) dengan konsentrasi 1,25% dan 2,5% mengandung total senyawa fenolik masing-masing sebesar 391,1 dan 451,6 µg *gallic acid equivalent/mL*; dan total antosianin sebesar 15 dan 56,3 µg delphinidin-3-glukosida/mL (Chusak et al., 2019). Pada penelitian Palimbong & Pariama (2020), ekstrak bunga telang hasil maserasi menggunakan pelarut asam sitrat dengan konsentrasi yang berbeda (0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, 1%) menghasilkan ekstrak dengan karakteristik yang berbeda-beda pula. Semakin tinggi konsentrasi asam sitrat yang digunakan untuk mengekstrak bunga telang, aktivitas antioksidan dari ekstrak juga semakin meningkat (15,623%; 35,64%; 48,438%; 64,351%; 75,207%) (Palimbong & Pariama, 2020). Metode DPPH digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan dengan menggunakan larutan DPPH sebagai radikal bebas. Hasil aktivitas antioksidan dinyatakan dalam persen berkurangnya warna DPPH, dimana semakin besar angka persen maka aktivitas antioksidan semakin besar (Visita & Putri, 2014).

Tabel 6. Kondisi ekstraksi metode maserasi bunga telang terhadap karakteristik kimiawi ekstrak

Perlakuan pendahuluan	Pelarut	Rasio (w/v)	Keterangan	Total antosianin	Aktivitas antioksidan	pH	Referensi
Pengeringan	Aquades	1,25%	90-95°C 30 menit Disaring	15 µg <i>delphinidin</i> /mL	-	-	(Chusak et al., 2019)
Pengeringan	Aquades	2,5%	90-95°C 30 menit Disaring	56,3 µg <i>delphinidin</i> /mL	-	-	(Chusak et al., 2019)
Pemotongan	Asam sitrat 0%	1:10	Suhu ruang (25°C) 1 hari Disaring, <i>rotary evaporator</i> 30-40°C	-	% DPPH = 15,62	-	(Palimbong & Pariama, 2020)
Pemotongan	Asam sitrat 0,25%	1:10	Suhu ruang (25°C) 1 hari Disaring, <i>rotary evaporator</i> 30-40°C	-	% DPPH = 35,64	-	(Palimbong & Pariama, 2020)
Pemotongan	Asam sitrat 0,5%	1:10	Suhu ruang (25°C) 1 hari Disaring, <i>rotary evaporator</i> 30-40°C	-	% DPPH = 48,44	-	(Palimbong & Pariama, 2020)
Pemotongan	Asam sitrat 0,75%	1:10	Suhu ruang (25°C) 1 hari Disaring, <i>rotary evaporator</i> 30-40°C	-	% DPPH = 64,35	-	(Palimbong & Pariama, 2020)
Pemotongan	Asam sitrat 1%	1:10	Suhu ruang (25°C) 1 hari Disaring, <i>rotary evaporator</i> 30-40°C	-	% DPPH = 75,21	-	(Palimbong & Pariama, 2020)

Keterangan:

DPPH = 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

Tanda (-) artinya tidak dilakukan analisis

3.2. Proses Pengolahan Produk Terhadap Karakteristik Fisikokimia Produk Pangan Berpewarna Antosianin

Pewarna ekstrak antosianin dari bunga *edible* seperti bunga rosella, mawar, dan telang yang diaplikasikan pada produk pangan dapat mengubah karakteristik fisikokimia dari produk-produk tersebut. Dalam aplikasinya, proses pengolahan produk dapat mempengaruhi karakteristik produk yang berpewarna ekstrak antosianin. Produk pangan menggunakan pewarna dari ekstrak bunga *edible* (rosella, mawar, telang) yang diulas dalam studi ini adalah *cupcake* (Abdel-Moemin, 2016), agar-agar, sirup, kue mangkuk, kue lapis (Isnaini, 2010), selai (José et al., 2019), minuman (Monteiro et al., 2017), keripik (Setyasiyah et al., 2008), jeli (Adriana et al., 2020; Attahmid et al., 2020), buah kaleng (Shikov et al., 2012), *cookies* (Visita & Putri, 2014), yoghurt (Pires et al., 2018), *sponge cake* (Pasukamonset et al., 2018), *pork patties* (Pasukamonset et al., 2017), nasi *parboiled* (Ramli et al., 2021), nasi (Chusak et al., 2019), dan tape ketan (Palimbong & Pariama, 2020).

3.2.1. Bunga Rosella

Aplikasi ekstrak mengandung antosianin bunga rosella pada produk pangan dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Pada penelitian Abdel-Moemin (2016), *cupcake* dengan tambahan ekstrak bunga rosella dengan konsentrasi 20% yang diolah menggunakan oven dengan suhu 175°C selama 20 menit memiliki karakteristik warna yang ditunjukkan dengan koordinat L sebesar 60, a* sebesar 50, dan b* sebesar 30 pada bagian *crumb*. *Cupcake* mengandung total antosianin sebesar 435 mg *cyanidin-3-glucoside*/100 gram berat kering *cupcake*, serta pHnya adalah 7,5 (Abdel-Moemin, 2016).

Isnaini (2010) menambahkan ekstrak bunga rosella hasil maserasi pada agar-agar, sirup, kue mangkuk, serta kue lapis pada percobaannya. Meskipun konsentrasi ekstrak bunga rosella yang ditambahkan sama (10%), namun efek yang diberikan pada produk berbeda-beda. Dari keempat produk tersebut, urutan produk dengan warna paling gelap ke cerah (nilai L meningkat) adalah agar-agar (68,83), sirup (69), kue mangkuk (74,43), dan kue lapis (81,13). Warna merah paling keluar (nilai a* tertinggi) pada agar-agar (17,11), diikuti oleh sirup (16,20), kue mangkuk (9,47), dan kue lapis (8,43). Total antosianin dan aktivitas antioksidan pada produk pangan semakin meningkat dengan urutan kue lapis, kue mangkuk, sirup, dan agar-agar. Total antosianin pada masing-masing produk adalah: 0,78 mg/100 g; 1,89 mg/100 g; 7,54 mg/100 g; dan 8,6 mg/100 g; sedangkan aktivitas antioksidan masing-masing produk adalah: 6,32%; 9,72%; 29,49%; 32,54%. Produk dengan tambahan ekstrak bunga rosella memiliki pH yang lebih tinggi (6,17; 6,8; 7,6; 8,17) daripada pH ekstrak (2,23) (Isnaini, 2010). Metode DPPH digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan dengan menggunakan larutan DPPH sebagai radikal bebas. Hasil aktivitas antioksidan dinyatakan dalam persen berkurangnya warna DPPH, dimana semakin besar angka persen maka aktivitas antioksidan semakin besar (Visita & Putri, 2014). Selain nanas dengan tambahan ekstrak bunga rosella dengan konsentrasi 5%, 10%, dan 15% yang diproses dengan cara dididihkan memiliki total antosianin masing-masing sebesar 3,6 mg; 4,37 mg; 5,08 mg/100 g, dan pH sebesar 2,91; 2,74; dan 2,66 (José et al., 2019).

Ekstrak bunga rosella dijadikan minuman dengan empat proses yang berbeda dalam penelitian Monteiro et al. (2017) yaitu konsentrasi minuman *under-vacuum*, sirup *dilute-to-taste*, minuman infusi *ready-to-drink* yang melalui pasteurisasi dengan suhu 75°C

selama 30 menit, dan minuman infusi *ready-to-drink* konvensional yang melalui pasteurisasi dengan suhu 90°C selama 20 menit. Keempat minuman memiliki total antosianin dan aktivitas antioksidan yang berbeda, yang paling rendah dimiliki oleh minuman infusi *ready-to-drink* konvensional sebesar 44 mg cy-3-glu/L dan 292 mg/L AEAC; diikuti oleh sirup *dilute-to-taste* sebesar 83 mg cy-3-glu/L dan 332 mg/L AEAC; minuman infusi *ready-to-drink* sebesar 112 mg cy-3-glu/L dan 409 mg/L AEAC; dan yang paling tinggi dimiliki oleh konsentrat minuman *under-vacuum* sebesar 234 mg cy-3-glu/L dan 557 mg/L. Derajat keasaman minuman juga berbeda, pH paling rendah sebesar 2,45 dimiliki oleh minuman infusi RTD konvensional, diikuti pH 2,52 dari konsentrat minuman *under-vacuum*, pH 2,56 dari minuman infusi RTD, dan pH paling tinggi sebesar 2,61 dimiliki oleh sirup *dilute-to-taste*. AEAC (*ascorbic acid equivalent activity*) digunakan sebagai satuan aktivitas antioksidan karena asam askorbat digunakan sebagai larutan standar kalibrasi dalam pengukuran aktivitas antioksidan metode ABTS. Semakin tinggi angka dari AEAC maka aktivitas antioksidan juga semakin tinggi (Monteiro et al., 2017).

Tabel 7. Kondisi proses pengolahan dengan pewarna alami ekstrak bunga rosella terhadap karakteristik fisikokimia produk pangan

Konsentrasi ekstrak (%)	Produk	Bahan baku	Pengolahan	Karakteristik Produk			Referensi			
				L	Warna a*	b*				
20	Cupcake (crumb)	Tepung terigu	Oven 175°C 20 menit	60	50	30	435 mg Cy-3-glu /100 g D.M.	-	7,5	(Abdel-Moemin, 2016)
10	Agar-agar	Agar	Direbus 100°C 10 menit	68,83	17,11	-	8,6 mg/100g	% DPPH = 32,54	6,17	(Isnaini, 2010)
10	Sirup	-	Direbus 100°C 10 menit	69	16,20	-	7,54 mg/100g	% DPPH = 29,49	6,8	(Isnaini, 2010)
10	Kue mangkuk	Tepung beras	Dikukus 110°C 15 menit	74,43	9,47	-	1,89 mg/100g	% DPPH = 9,72	7,6	(Isnaini, 2010)
10	Kue lapis	Tepung beras	Dikukus 110°C 30 menit	81,13	8,43	-	0,78 mg/100g	% DPPH = 6,32	8,17	(Isnaini, 2010)
5	Selai nanas	Nanas	Dididihkan	-	-	-	3,6 mg/100 g	-	2,91	(José et al., 2019)
10	Selai nanas	Nanas	Dididihkan	-	-	-	4,37 mg/100 g	-	2,74	(José et al., 2019)
15	Selai nanas	Nanas	Dididihkan	-	-	-	5,08 mg/100 g	-	2,66	(José et al., 2019)
1:5	Konsentrat minuman <i>under-vacuum</i>	-	Pasteurisasi 75°C 30 menit	-	-	-	234 mg Cy-3-glu/L	AEAC = 557 mg/L	2,52	(Monteiro et al., 2017)

1:10	Sirup <i>dilute-to-taste</i>	-	Pasteurisasi 75°C 30 menit	-	-	83 mg Cy-3-glu/L	AEAC = 332 mg/L	2,61	(Monteiro et al., 2017)
1:40	Minuman infusi RTD	-	Pasteurisasi 75°C 30 menit	-	-	112 mg Cy-3-glu/L	AEAC = 409 mg/L	2,56	(Monteiro et al., 2017)
1:20	Minuman infusi RTD konvensional	-	Pasteurisasi 90°C 20 menit	-	-	44 mg Cy-3-glu/L	AEAC = 292 mg/L	2,45	(Monteiro et al., 2017)

Keterangan:

DPPH = 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

Cy-3-glu = cyanidin-3-glucoside

D.M. = dry matter

AEAC = ascorbic acid equivalent antioxidant activity

RTD = ready-to-drink

*= diperkirakan berdasarkan grafik yang tertera pada jurnal

Tanda (-) artinya tidak dilakukan analisis

Keripik bengkuang yang direndam dalam ekstrak bunga rosella dengan konsentrasi 0,67% dan 1,3% melewati proses penggorengan vakum dengan suhu 90°C selama 45 menit. Karakteristik yang dimiliki keripik adalah nilai L sebesar 52 dan 45, serta total antosianin sebesar 1,4 mg/L dan 3 mg/L (Setyashih et al., 2008). Ekstrak bunga rosella juga diaplikasikan pada jeli. Dalam penelitian Adriana et al. (2020), ekstrak bunga rosella diaplikasikan dalam jeli pepaya yang dipanaskan selama ± 30 menit dengan konsentrasi 15%, 30%, dan 45%. Ketiga jeli memiliki total antosianin dan aktivitas antioksidan sebesar 0,07; 0,11; 0,15 mg/g dan 56,14%; 59,54%; 61,92% (Adriana et al., 2020). Metode DPPH digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan dengan menggunakan larutan DPPH sebagai radikal bebas. Hasil aktivitas antioksidan dinyatakan dalam persen berkurangnya warna DPPH, dimana semakin besar angka persen maka aktivitas antioksidan semakin besar (Visita & Putri, 2014).

Sedangkan ekstrak rosella dengan konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% diaplikasikan pada jeli bengkuang dalam penelitian Attahmid et al. (2020) yang dipanaskan hingga 80°C. Jeli memiliki aktivitas antioksidan yang ditunjukkan dengan nilai IC₅₀ masing-masing sebesar 297,99; 279,26; 99,21; 80,91; 64,68 ppm dan pH sebesar 3,91; 3,56; 3,34; 3,19; dan 3,09. Nilai IC₅₀ merupakan konsentrasi ekstrak yang dapat menghambat proses oksidasi sebesar 50%, digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan dengan metode DPPH, dimana semakin kecil angka IC₅₀ maka aktivitas antioksidan semakin tinggi (Attahmid et al., 2020).

Tabel 8. Lanjutan kondisi proses pengolahan dengan pewarna alami ekstrak bunga rosella terhadap karakteristik fisikokimia produk pangan

Konsentrasi ekstrak (%)	Produk	Bahan baku	Pengolahan	Karakteristik Produk					Referensi
				L	a*	b*	Total antosianin	Aktivitas antioksidan	
0,67	Keripik bengkuang	Bengkuang	Penggorengan vakum 90°C 45 menit	52*	-	-	1,4 mg/L*	-	(Setyasyah et al., 2008)
1,3	Keripik bengkuang	Bengkuang	Penggorengan vakum 90°C 45 menit	45*	-	-	3 mg/L*	-	(Setyasyah et al., 2008)
15	Jeli pepaya	Pepaya	Pemanasan ± 30 menit	-	-	-	0,07 mg/g	% DPPH = 56,14	(Adriana et al., 2020)
30	Jeli pepaya	Pepaya	Pemanasan ± 30 menit	-	-	-	0,11 mg/g	% DPPH = 59,54	(Adriana et al., 2020)
45	Jeli pepaya	Pepaya	Pemanasan ± 30 menit	-	-	-	0,15 mg/g	% DPPH = 61,92	(Adriana et al., 2020)
5	Permen jeli bengkuang	Bengkuang	Dipanaskan hingga 80°C	-	-	-	IC ₅₀ = 297,99 ppm	3,91	(Attahmid et al., 2020)
10	Permen jeli bengkuang	Bengkuang	Dipanaskan hingga 80°C	-	-	-	IC ₅₀ = 279,26 ppm	3,56	(Attahmid et al., 2020)
15	Permen jeli bengkuang	Bengkuang	Dipanaskan hingga 80°C	-	-	-	IC ₅₀ = 99,21 ppm	3,34	(Attahmid et al., 2020)
20	Permen jeli bengkuang	Bengkuang	Dipanaskan hingga 80°C	-	-	-	IC ₅₀ = 80,91 ppm	3,19	(Attahmid et al., 2020)
25	Permen jeli bengkuang	Bengkuang	Dipanaskan hingga 80°C	-	-	-	IC ₅₀ = 64,78 ppm	3,09	(Attahmid et al., 2020)

Keterangan:

DPPH = 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

IC₅₀ = inhibition concentration 50%

*= diperkirakan berdasarkan grafik yang tertera pada jurnal
Tanda (-) artinya tidak dilakukan analisis

3.2.2. Bunga Mawar

Aplikasi ekstrak bunga mawar sebagai pewarna alami pada produk pangan dapat dilihat pada Tabel 9.

Pada penelitian Shikov et al. (2012), ekstrak bunga mawar dengan konsentrasi 250 dan 500 ppm diaplikasikan pada stroberi kaleng yang melalui proses pasteurisasi pada suhu 93°C. Stroberi masing-masing memiliki nilai L 35 dan 38, serta total antosianin *cyanidin-3-glucoside*, *pelargonidin-3-glucoside*, *pelargonidin-3-malonyl-glucoside*, *pelargonidin-3-succinyl-glucoside* sebesar 1,18 mg/kg; 64,73 mg/kg; 0,9 mg/kg; 14,25 mg/kg untuk konsentrasi 250 ppm, sedangkan 1,17 mg/kg; 75,6 mg/kg; 1 mg/kg; 15,69 mg/kg untuk konsentrasi 500 ppm. Aktivitas antioksidan stroberi ditunjukkan dengan nilai FRAP dan

TEAC masing-masing sebesar 1294,1 dan 2029,3 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ untuk konsentrasi 250 ppm sedangkan 1600,2 dan 2276,5 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ untuk konsentrasi 500 ppm. Aktivitas antioksidan dinyatakan dalam TEAC karena digunakan larutan Trolox sebagai referensi larutan standar. Semakin tinggi angka dari TEAC maka aktivitas antioksidan dalam produk semakin besar (Shikov et al., 2012). *Ferric reducing antioxidant power* (FRAP) adalah salah satu metode pengukuran antioksidan dengan mereduksi kompleks Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} . Semakin tinggi nilai FRAP, maka aktivitas antioksidan juga semakin tinggi (Ramli et al., 2021).

Ekstrak bunga mawar dengan konsentrasi 2,5%, 5%, dan 7,5% juga diaplikasikan pada *cookies* yang dimatangkan dalam oven pada suhu 150°C selama 20 menit. Ekstrak yang diaplikasikan adalah hasil enkapsulasi dekstrin dan maltodekstrin. *Cookies* dengan aplikasi ekstrak mawar enkapsulasi dekstrin memiliki nilai L dan a* sebesar 50 dan 22; 44 dan 25; 42 dan 27, serta aktivitas antioksidan sebesar 60%, 70%, dan 72%. Sedangkan *cookies* dengan aplikasi ekstrak hasil enkapsulasi maltodekstrin memiliki nilai L dan a* sebesar 50 dan 22; 45 dan 25; 43 dan 30, serta aktivitas antioksidan sebesar 78%, 80%, dan 82%. Metode DPPH digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan dengan menggunakan larutan DPPH sebagai radikal bebas. Hasil aktivitas antioksidan dinyatakan dalam persen berkurangnya warna DPPH, dimana semakin besar angka persen maka aktivitas antioksidan semakin besar (Visita & Putri, 2014)(Visita & Putri, 2014). Dalam penelitian (Pires et al., 2018), *yoghurt* dengan aplikasi ekstrak bunga mawar berkonsentrasi 0,15% memiliki nilai L, a*, dan b* sebesar 88; 2,2; dan 9 (Pires et al., 2018).

Tabel 9. Kondisi proses pengolahan dengan pewarna alami ekstrak bunga mawar terhadap karakteristik fisikokimia produk pangan

Konsentrasi ekstrak (%)	Produk	Bahan baku	Pengolahan	Karakteristik Produk				Referensi	
				L	Warna a*	b*	Total antosianin	Aktivitas antioksidan	
250 ppm	Stroberi kaleng	Stroberi	Pasteurisasi 93°C	35*	-	-	Cy 3-glu = 1,18 mg/kg Pe 3-glu = 64,73 mg/kg Pe 3-mal-glu = 0,9 mg/kg	FRAP = 1294,1 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ TEAC = 2029,3 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$	(Shikov et al., 2012)

500 ppm	Stroberi kaleng	Stroberi	Pasteurisasi 93°C	38*	-	-	Pe 3-suc-glu = 14,25 mg/kg Cy 3-glu = 1,17 mg/kg Pe 3-glu = 75,6 mg/kg Pe 3-mal-glu = 1 mg/kg Pe 3-suc-glu = 15,69 mg/kg	FRAP = 1600,2 μmol/100 g TEAC = 2276,5 μmol/100 g	-	(Shikov et al., 2012)
2,5	Cookies	Tepung terigu	Oven 150°C 20 menit	50*	22*	-	-	% DPPH = 60*	-	(Visita & Putri, 2014)
5	Cookies	Tepung terigu	Oven 150°C 20 menit	44*	25*	-	-	% DPPH = 70*	-	(Visita & Putri, 2014)
7,5	Cookies	Tepung terigu	Oven 150°C 20 menit	42*	27*	-	-	% DPPH = 72*	-	(Visita & Putri, 2014)
2,5	Cookies	Tepung terigu	Oven 150°C 20 menit	50*	22*	-	-	% DPPH = 78*	-	(Visita & Putri, 2014)
5	Cookies	Tepung terigu	Oven 150°C 20 menit	45*	25*	-	-	% DPPH = 80*	-	(Visita & Putri, 2014)
7,5	Cookies	Tepung terigu	Oven 150°C 20 menit	43*	30*	-	-	% DPPH = 82*	-	(Visita & Putri, 2014)
0,15	Yoghurt	Susu	-	88	2,2	9	-	-	-	(Pires et al., 2018)

Keterangan:

Cy 3-glu = cyanidin-3-glucoside

Pe 3-glu = pelargonidin-3-glucoside

Pe 3-mal-glu = pelargonidin-3-malonyl-glucoside

Pe 3-suc-glu = pelargonidin-3-succinyl-glucoside

FRAP = ferric reducing antioxidant power

TEAC = trolox equivalent antioxidant activity

DPPH = 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

*= diperkirakan berdasarkan grafik yang tertera pada jurnal

Tanda (-) artinya tidak dilakukan analisis

3.2.3. Bunga Telang

Aplikasi ekstrak bunga telang sebagai pewarna alami pada produk pangan dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11.

Ekstrak bunga telang diaplikasikan dengan konsentrasi 5%, 10%, 15%, dan 20% pada *sponge cake* yang dimatangkan dalam oven pada suhu 180°C selama 15 menit. *Crumb* dari *sponge cake* memiliki nilai L masing-masing sebesar 57,38; 48,80; 45,49; 40,32; nilai a* masing-masing sebesar -3,45; -5,28; -6,17; -7,01; nilai b* masing-masing sebesar 21,46; 18,07; 15,80; 13,37. Aktivitas antioksidan dari *sponge cake* ditunjukkan dengan nilai IC₅₀ sebesar 179,99; 148,61; 120,78; 91,55 mg/mL. Nilai IC₅₀ merupakan

konsentrasi ekstrak yang dapat menghambat proses oksidasi sebesar 50%, digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan dengan metode DPPH, dimana semakin kecil angka IC₅₀ maka aktivitas antioksidan semakin tinggi (Pasukamonset et al., 2018). *Pork patties* dengan tambahan ekstrak bunga rosella dengan konsentrasi 0,02%, 0,04%, 0,08%, dan 0,16% dimatangkan dalam oven pada suhu 160°C dan dihold selama 10 menit. Masing-masing *pork patties* memiliki nilai L masing-masing sebesar 44,33; 44,20; 43,37; 42,94, nilai a* masing-masing sebesar 5,71; 5,08; 4,41; 3,96, serta nilai b* masing-masing sebesar 14,35; 14,62; 14,65; 14,75. Aktivitas antioksidan yang dikandung *pork patties* dinyatakan dalam *trolox equivalent* masing-masing sebesar 0,11; 0,13; 0,14; 0,16 mg *trolox equivalent/g*. Satuan *trolox equivalent* digunakan dalam menyatakan kandungan antioksidan dalam produk karena aktivitas antioksidan diukur menggunakan kurva standar Trolox dalam metode ABTS. Semakin tinggi angka dari TEAC maka aktivitas antioksidan dalam produk semakin besar (Pasukamonset et al., 2017).

Tabel 10. Kondisi proses pengolahan dengan pewarna alami ekstrak bunga telang terhadap karakteristik fisikokimia produk pangan

Konsentrasi ekstrak (%)	Produk	Bahan baku	Pengolahan	Karakteristik Produk			Aktivitas antioksidan	pH	Referensi
				L	Warna a*	Warna b*			
5	Sponge cake (crumb)	Tepung terigu	Oven 180°C 15 menit	57,38	-3,45	21,46	-	IC ₅₀ = 179,99 mg/mL	-
10	Sponge cake (crumb)	Tepung terigu	Oven 180°C 15 menit	48,80	-5,28	18,07	-	IC ₅₀ = 148,61 mg/mL	(Pasukamonset et al., 2018)
15	Sponge cake (crumb)	Tepung terigu	Oven 180°C 15 menit	45,49	-6,17	14,80	-	IC ₅₀ = 120,78 mg/mL	(Pasukamonset et al., 2018)
20	Sponge cake (crumb)	Tepung terigu	Oven 180°C 15 menit	40,32	-7,01	13,37	-	IC ₅₀ = 91,55 mg/mL	(Pasukamonset et al., 2018)
0,02	Pork patties	Daging babi	Oven 160°C + 10 menit	44,33	5,71	14,35	-	TEAC = 0,11*	(Pasukamonset et al., 2017)
0,04	Pork patties	Daging babi	Oven 160°C + 10 menit	44,20	5,08	14,62	-	TEAC = 0,13*	(Pasukamonset et al., 2017)
0,08	Pork patties	Daging babi	Oven 160°C + 10 menit	43,37	4,41	14,65	-	TEAC = 0,14*	(Pasukamonset et al., 2017)
0,16	Pork patties	Daging babi	Oven 160°C + 10 menit	42,94	3,96	14,75	-	TEAC = 0,16*	(Pasukamonset et al., 2017)

Keterangan:

IC₅₀ = inhibition concentration 50%

TEAC = *trolox equivalent antioxidant capacity* (mg *trolox eq./g sampel*)

*= diperkirakan berdasarkan grafik yang tertera pada jurnal

Tanda (-) artinya tidak dilakukan analisis

Aplikasi ekstrak bunga telang dengan konsentrasi 1% dilakukan pada tiga varian beras yang dimasak menjadi *parboiled rice* pada penelitian (Ramli et al., 2021). Ekstrak bunga telang diaplikasikan dengan perendaman selama 10 menit, kemudian beras dikukus pada suhu 100°C selama 10 menit sebelum kemudian dikeringkan dengan *hot air dryer* pada suhu 40°C. Varian beras dalam penelitian adalah MRQ 74, MRQ 76, dan *glutinous*. Nilai L dari masing-masing varian adalah 38,59; 28,14; 22,96. Nilai a* adalah -5,66; -0,64; 0,39. Nilai b* adalah -11,47; -17,50; -11,74. Aktivitas antioksidan dari masing-masing varian dinyatakan dalam persen DPPH sebesar 74,88%, 74,31%, 75,41%, dan FRAP sebesar 1971,80; 1929,70; 2142 (Ramli et al., 2021). Metode DPPH digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan dengan menggunakan larutan DPPH sebagai radikal bebas. Hasil aktivitas antioksidan dinyatakan dalam persen berkurangnya warna DPPH, dimana semakin besar angka persen maka aktivitas antioksidan semakin besar (Visita & Putri, 2014). *Ferric reducing antioxidant power* (FRAP) adalah salah satu metode pengukuran antioksidan dengan mereduksi kompleks Fe³⁺ menjadi Fe²⁺. Semakin tinggi nilai FRAP, maka aktivitas antioksidan juga semakin tinggi (Ramli et al., 2021).

Chusak et al. (2019) juga menambahkan ekstrak bunga telang dengan konsentrasi 1,25% dan 2,5% pada nasi yang dimatangkan dengan *rice cooker* dan *microwave oven*. Pada nasi yang dimatangkan dengan *rice cooker*, total antosianin yang dideteksi adalah 2,7 dan 4,9 µg *delphinidin-3-glucoside/g*; sedangkan pada nasi hasil *microwave oven*, total antosianinnya adalah sebesar 3,1 dan 4,8 µg *delphinidin-3-glucoside/g* (Chusak et al., 2019). Tape ketan hasil aplikasi ekstrak bunga telang dengan konsentrasi 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% dalam penelitian Palimbong & Pariama (2020) memiliki aktivitas antioksidan masing-masing sebesar 5,13%, 26,06%, 30,90%, 31,02%, dan 35,35%. Beras ketan yang merupakan bahan baku dari tape ketan melalui proses fermentasi selama 2-3 hari (Palimbong & Pariama, 2020). Metode DPPH digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan dengan menggunakan larutan DPPH sebagai radikal bebas. Hasil aktivitas antioksidan dinyatakan dalam persen berkurangnya warna DPPH, dimana semakin besar angka persen maka aktivitas antioksidan semakin besar (Visita & Putri, 2014).

Tabel 11. Lanjutan kondisi proses pengolahan dengan pewarna alami ekstrak bunga telang terhadap karakteristik fisikokimia produk pangan

Konsentrasi ekstrak (%)	Produk	Bahan baku	Pengolahan	Karakteristik Produk					Referensi
				L	Warna a*	Warna b*	Total antosianin	Aktivitas antioksidan	
1	Parboiled rice (MRQ 74)	Beras	Direndam 10 menit, steam 100°C 10 menit, hot air dryer 40°C	38,59	-5,66	-11,47	-	% DPPH = 74,88 FRAP = 1971,80	(Ramli et al., 2021)
1	Parboiled rice (MRQ 76)	Beras	Direndam 10 menit, steam 100°C 10 menit, hot air dryer 40°C	28,14	-0,64	-17,50	-	% DPPH = 74,31 FRAP = 1929,70	(Ramli et al., 2021)
1	Parboiled rice (glutinous)	Beras ketan	Direndam 10 menit, steam 100°C 10 menit, hot air dryer 40°C	22,96	0,39	-11,74	-	% DPPH = 75,41 FRAP = 2142	(Ramli et al., 2021)
1,25	Nasi (rice cooker)	Beras	10 menit	-	-	-	2,7 µg del-3-glu/g	-	(Chusak et al., 2019)
2,5	Nasi (rice cooker)	Beras	10 menit	-	-	-	4,9 µg del-3-glu /g	-	(Chusak et al., 2019)
1,25	Nasi (microwave oven)	Beras	11 menit	-	-	-	3,1 µg del-3-glu /g	-	(Chusak et al., 2019)
2,5	(microwave oven)	Beras	11 menit	-	-	-	4,8 µg del-3-glu /g	-	(Chusak et al., 2019)
0	Tape ketan	Beras ketan	Fermentasi 2-3 hari	-	-	-	-	% DPPH = 5,13	(Palimbong & Pariama, 2020)
0,25	Tape ketan	Beras ketan	Fermentasi 2-3 hari	-	-	-	-	% DPPH = 26,06	(Palimbong & Pariama, 2020)
0,5	Tape ketan	Beras ketan	Fermentasi 2-3 hari	-	-	-	-	% DPPH = 30,90	(Palimbong & Pariama, 2020)
0,75	Tape ketan	Beras ketan	Fermentasi 2-3 hari	-	-	-	-	% DPPH = 31,02	(Palimbong & Pariama, 2020)
1	Tape ketan	Beras ketan	Fermentasi 2-3 hari	-	-	-	-	% DPPH = 35,35	(Palimbong & Pariama, 2020)

Keterangan:

Del-3-glu = *delphinidin-3-glucoside*

DPPH = 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

FRAP = ferric reducing antioxidant power ($\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$)

Tanda (-) artinya tidak dilakukan analisis