

REVIEW: ANTOSIANIN DAN PEMANFAATANNYA

Melania Priska¹, Natalia Peni², Ludovicus Carvallo², Yulius Dala Ngapa³

¹ Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Flores,
Jln. Sam Ratulangi Paupire Ende, 86318

pika87cutes@gmail.com

² Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Flores,
Jln. Sam Ratulangi Paupire Ende, 86318

nataliapieni76@yahoo.com

² Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Flores,
Jln. Sam Ratulangi Paupire Ende, 86318

ludovicuscarvallo@gmail.com

³ Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Flores,
Jln. Sam Ratulangi Paupire Ende, 86318

ydalangapa@gmail.com

ABSTRAK: Antosianin merupakan senyawa turunan polifenol yang keberadaannya sangat melimpah di alam dengan keanekaragaman dalam berbagai jenis tumbuhan dan memiliki banyak fungsi fisiologis penting pada setiap organisme hidup. Antosianin selain bertanggung jawab memberikan warna oranye hingga hitam pada tumbuhan tingkat tinggi, antosianin juga berperan sebagai pelindung dari adanya cekaman biotik dan abiotik; serta sebagai fotoprotektor terhadap radiasi sinar UV-B. Pemanfaatan antosianin pada tumbuhan lebih banyak dipergunakan dalam bidang pangan; kesehatan (sediaan farmasi); dan industri (kosmetik) karena tidak memiliki efek berbahaya. Efektifitas antosianin yang baik untuk menjaga kesehatan dan menurunkan kadar penyakit kronis yaitu apabila mengonsumsi antosianin pada wanita antara 19,8 – 64,9 mg dan pada pria sekitar 18,4 – 44,1 mg setiap hari.

Kata kunci: Antosianin, Biosintesis, dan Polifenol.

ABSTRACT: Anthocyanin is a polyphenol derivative compound whose existence is very abundant in nature within many kind of plants and has many important physiological functions on each living organisms. Anthocyanin in addition has been known that gives an orange color to black on higher grade plants and also has a role as a protection from the biotic and abiotic stress and as a photoprotector to UV-B radiation. The applications of anthocyanin contained in plants are more likely to be used in food industries, health purposes (pharmaceutical industries), and cosmetic industries due to their because they do not have harmful effects on humans. The good effectivity of anthocyanin to maintain the human health and can reduce the levels of chronic diseases if it is regurally consumed every day at dose of 19.8 - 64,9 mg for woman and of 18,4 - 44,1 mg for man.

Keywords: Anthocyanin, Biosynthesis, and Polyphenol.

1. PENDAHULUAN

Antosianin merupakan golongan senyawa kimia organik yang dapat larut dalam pelarut polar, serta bertanggung jawab dalam memberikan warna oranye, merah, ungu, biru, hingga hitam pada tumbuhan tingkat tinggi seperti: bunga, buah-buahan, biji-bijian, sayuran, dan umbi-umbian [1]. Berdasarkan kepolarannya dalam pelarut universal, antosianin dalam tumbuhan berada dalam bentuk aglikon yang dikenal sebagai antosianidin dan antosianin dalam bentuk glikon sebagai gula yang diikat secara glikosidik membentuk ester dengan monosakarida (glukosa, galaktosa, ramnosa, dan pentosa) [2, 3]. Atau dapat dikatakan, adanya proses hidrolisis pada reaksi esterifikasi sebuah antosianidin (aglikon) dengan satu atau lebih glikon (gugus gula) dapat membentuk antosianin [4].

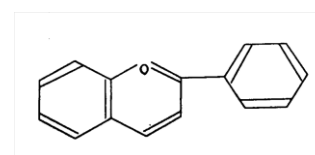
Hingga kini di alam terdapat lebih dari 700 jenis antosianin yang diisolasi dari berbagai jenis tanaman dan telah diidentifikasi, beberapa diantaranya yang memegang peranan penting dalam bahan pangan yaitu pelargonidin, sianidin, peonidin, delphinidin, petunidin, malvidin, dan glikosida-glikosida antosianidin [5]. Salah satu jenis antosianin yang kandungannya paling banyak di alam, dan digunakan sebagai senyawa referensi pada umumnya adalah turunan sianidin dan peonidin [6, 7].

Keberadaan antosianin di alam dan penyebarannya pada berbagai jenis tanaman yang berbeda serta pada bahan alam lainnya, membuat antosianin memiliki karakter yang berbeda pula. Hal ini menjadikan antosianin sebagai zat kimia organik yang amat

potensial dalam mengerahkan fungsi fisiologis pada berbagai organisme hidup, baik untuk manusia, hewan, serta pada tanaman itu sendiri [8]. Pada kajian berikut dijelaskan secara lebih terinci mengenai apa itu antosianin dan bagaimana pemanfaatannya, sehingga dapat mengerahkan berbagai fungsi fisiologis dalam setiap organisme hidup.

STRUKTUR ANTOSIANIN

Antosianin yang merupakan zat warna alami golongan flavonoid dengan tiga atom karbon yang diikat oleh sebuah atom oksigen untuk menghubungkan dua cincin aromatik benzene (C_6H_6) di dalam struktur utamanya, berasal dari bahasa Yunani yang berarti bunga biru [9]. Antosianin mempunyai karakteristik kerangka karbon ($C_6C_3C_6$) dengan struktur dasar antosianin adalah 2-fenil-benzofirilium dari garam flavilium [10]. Struktur flavilium antosianin dapat dilihat pada gambar 1.

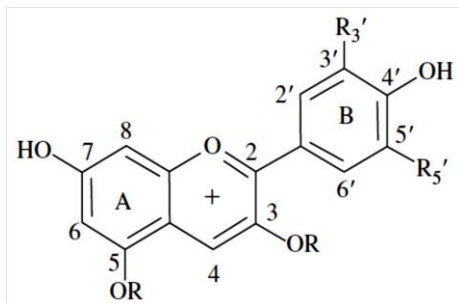


Gambar 1. Struktur Flavilium Antosianin [11]

Secara kimia, antosianin merupakan turunan suatu struktur aromatik tunggal yaitu sianidin, dimana semua jenis antosianin memiliki perbedaan yang didasarkan pada ikatan antara gugus R3' dan R5' dengan cincin aromatik antosianin [12].

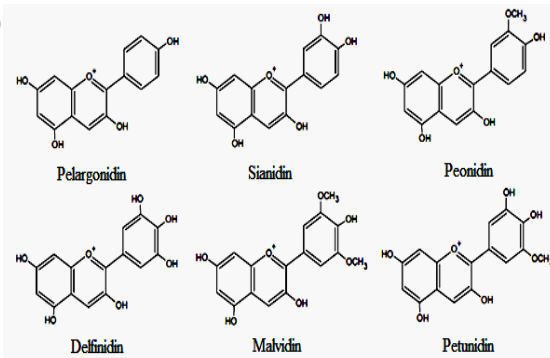
Struktur dasar antosianin dapat dilihat pada Gambar 2.

a.)



	R_3'	R_5'
Pelargonidin	H	H
Sianidin	OH	H
Delfinidin	OH	OH
Peonidin	OCH ₃	H
Petunidin	OH	OCH ₃
Malvidin	OCH ₃	OCH ₃

b.)

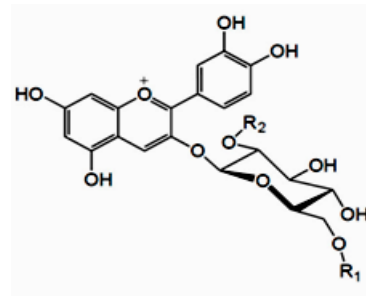


Gambar 2. a.) Struktur Antosianin (R_3' dan R_5' : Gugus Substitusi; R : Jenis Glikon (Gugus Gula)); b.) Bentuk Struktur Antosianidin [13].

Sebanyak 20 jenis antosianin masing-masing mempunyai jumlah 15 atom karbon (C15) diluar gugus substitusinya, dimana gugus R_3' dan R_5' yang merupakan gugus substitusi terbentuk dari pigmen sianidin dengan penambahan atau pengurangan

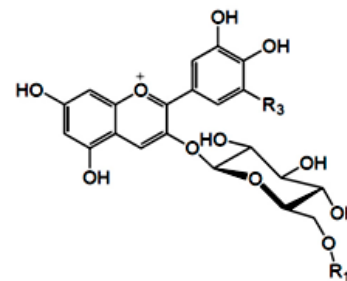
gugus hidroksil; posisi gugus hidroksil; metilasi gugus hidroksil; nomor dan lokasi gula yang terikat pada molekul; serta asam alifatik (asam malonat, asetat, malat, suksinat dan oksalat); atau asam aromatik (asam p-kumarat, kafeat, ferulat, sinapat dan galat) yang menempel pada gula tersebut [14]. Hal ini mempengaruhi warna yang akan diekspresikan oleh antosianin dan juga mempengaruhi kestabilannya [15]. Beberapa jenis antosianin yang terdapat pada tanaman dapat dilihat strukturnya pada Gambar 3.

a.)



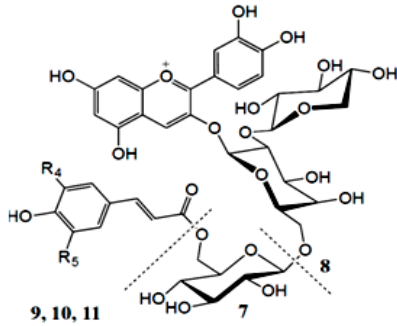
	R_1	R_2
sianidin 3-(2-(xilosil)glukosida)	H	xyl
sianidin 3-glukosida	H	H
sianidin 3-(6-(ramnosil)-2-(xilosil)glukosida)	rha	xyl
sianidin 3-(6-(ramnosil)glukosida)	rha	H

b.)



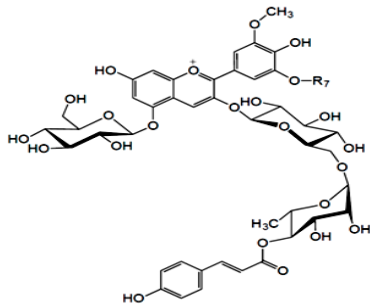
	R_1	R_3
sianidin 3-glukosida	H	H
sianidin 3-(6-(ramnosil)glukosida)	rha	H
delfinidin 3-glukosida	H	OH
delfinidin 3-(6-(ramnosil)glukosida)	rha	OH

c.)



	R ₄	R ₅
sianidin 3-(6-(glukosil)-2-(xilosil) galaktosida)	-	-
sianidin 3-(2-(xilosil)galaktosida)	-	-
sianidin 3-(6-(6-(sinapoil)glukosil)-2-(xilosil)galaktosida)	OCH ₃	OCH ₃
sianidin 3-(6-(6-(feruloil)glukosil)-2-(xilosil)galaktosida)	OCH ₃	H
sianidin 3-(6-(6-(<i>p</i> -koumaroil)glukosil)-2-(xilosil)galaktosida)	H	H

d.)



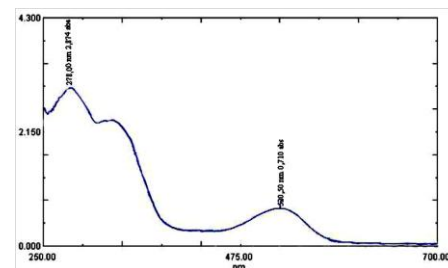
	R ₇
petunidin 3-(6-(4-(<i>E-p</i> -koumaroil)ramnosil) glukosida)-5-glukosida (petanin)	H
malvidin 3-(6-(4-(<i>E-p</i> -koumaroil)ramnosil) glukosida)-5-glukosida	CH ₃

Gambar 3. Struktur Beberapa Jenis Antosianin pada Tanaman: a.) Ceri Mahaleb; b.) *Blackcurrant*; c.) Wortel Hitam; d.) Tomat “*Sun Black*” [16].

Gugus kromofor dan tipe gula yang terikat pada antosianin menyebabkan

absorpsi cahaya pada antosianin berbeda dari spektrum UV-Vis. Adanya ikatan rangkap terkonjugasi pada gugus kromofor yang terdapat dalam struktur antosianin membuat antosianin dapat menyerap cahaya pada daerah sinar tampak, sehingga memungkinkan analisis pigmen tersebut secara spektroskopi. Makin banyak dan panjang susunan ikatan rangkap terkonjugasi pada struktur antosianin, warna yang dihasilkan pada tanaman akan semakin kuat dan mengakibatkan penyerapan cahaya UV-vis terjadi pada panjang gelombang yang lebih panjang. Hal ini disebabkan energi yang diperlukan untuk mengalami transisi pada ikatan rangkap terkonjugasi makin kecil, sehingga absorpsi akan semakin bergeser ke panjang gelombang yang lebih besar [17].

Antosianin secara spesifik dapat menyerap cahaya pada daerah serapan ultraviolet (UV) sampai violet, tetapi lebih kuat pada daerah tampak dari spektrum. Antosianin terserap pada panjang gelombang 250 – 700 nm, dengan 2 puncak sebagai gugus gula (glikon) di panjang gelombang sekitar 278 nm, dan puncak utama sebagai antosianin (aglikon) di sekitar panjang gelombang 490-535 nm [18]. Spektra antosianin dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pola Spektra Antosianin dengan Gugus Gula (Glikon) [19].

Jika gugus gula dari masing-masing struktur antosianin yang sering ditemukan di alam seperti: pelargonidin, sianidin, peonidin, delphinidin, petunidin, dan malvidin dihilangkan oleh adanya hidrolisis asam, maka molekul yang tersisa merupakan sebuah aglikon dan akan menyerap cahaya pada panjang gelombang yang bervariasi. Variasi panjang gelombang ke-enam antosianin tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

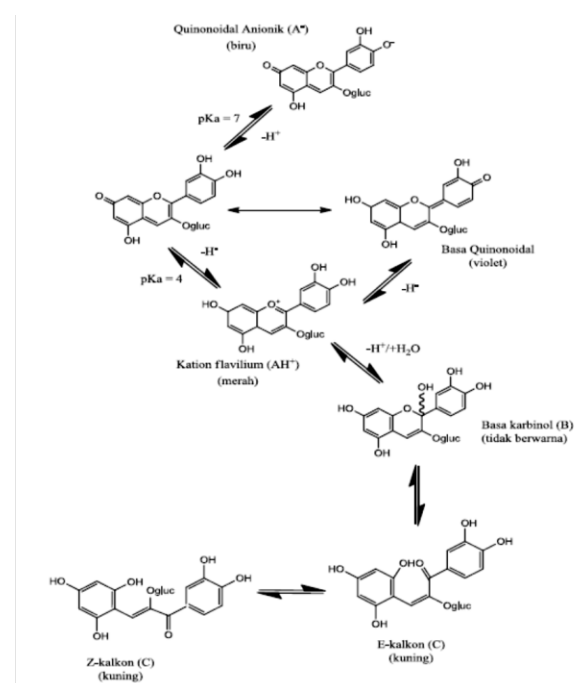
Tabel 1. Panjang Gelombang (λ) Maximum Serapan Cahaya Tampak dari 6 Jenis Antosianin [20].

Aglikon	λ_{max} (nm)/warna
Pelargonidin	494 nm/oranye
Sianidin	506 nm/oranye – merah
Peonidin	506 nm/oranye – merah
Delfinidin	508 nm/merah
Petunidin	508 nm/merah
Malvidin	510 nm/ kebiruan- merah

Antosianin memiliki sifat hidrofilik yang memudahkannya larut dalam air [21]. Selain bersifat hidrofilik, antosianin juga dapat larut dalam pelarut organik yang bersifat polar seperti etanol, metanol, aseton, dan kloroform [22]. Kestabilan antosianin dalam air maupun pelarut polar yang bersifat netral atau basa dapat lebih dimantapkan dengan penambahan asam organik seperti asam asetat, asam sitrat, atau asam klorida [23]. Kombinasi pelarut polar dengan asam organik yang tepat hingga mendapatkan kondisi pH yang sangat asam (pH 1-2) dapat lebih memantapkan kestabilan antosianin dalam bentuk kation flavium merah, sedangkan apabila pelarut dikombinasikan

dengan asam lemah maka perubahan warna antosianin akan berubah menjadi warna merah memudar pada pH 3; merah keunguan pada pH 4; ungu pada pH 5-6; dan ungu biru pada pH 7 [24, 25].

Kondisi bebas cahaya, temperatur rendah, kopigment, ion logam, oksigen, enzim, konsentrasi, dan tekanan pun menjadi faktor penting agar kestabilan antosianin tetap terjaga sehingga kesetimbangan antosianin tidak mudah bergeser dan pada akhirnya mengalami degradasi [26, 27]. Ketidakstabilan dalam struktur antosianin menyebabkan senyawa ini mudah mengalami hidrolisis pada ikatan glikosidik dan cincin aglikon menjadi terbuka, sehingga membentuk berbagai aglikon yang labil, serta gugus karbinol dan kalkon yang tidak berwarna [28-30]. Bentuk kesetimbangan antosianin dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Bentuk Kesetimbangan Antosianin [31].

FUNGSI DAN PEMANFAATAN ANTOSIANIN

Antosianin pada tanaman memiliki berbagai peranan penting, yaitu: 1.) Menambah daya tarik serangga dan hewan guna membantu proses penyerbukan dan penyebaran biji yang merupakan dasar kimia pembentukan warna bunga pada golongan tanaman berbiji tertutup (*angiospermae*); 2.) Melindungi tanaman dari berbagai cekaman abiotik dan biotik, seperti: antosianin berkontribusi dalam mengatur pergerakan osmotik zat terlarut serta menyesuakannya dengan keadaan musim kemarau yang panjang dan embun beku dalam sel epidermis bagian atas permukaan daun; Meningkatkan pertahanan diri tanaman terhadap infeksi dan kerusakan yang disebabkan oleh jamur dan menjadi kamuflase terhadap hama; Menyerap sejumlah energi untuk meningkatkan suhu daun dan mencegahnya dari suhu yang rendah; Fotoprotektor pada kloroplas terhadap kerusakan yang disebabkan oleh intensitas cahaya tinggi dari radiasi sinar UV-B pada panjang gelombang 280-320 nm, sehingga menyebabkan degradasi protein, pero-oksidasi lipid, penghambatan reaksi fotosintesis, serta berkurangnya biomassa dan mengganggu pertumbuhan tanaman [32-36].

Sifat antosianin yang mudah larut dalam air juga memainkan fungsi dan peranan penting yang berdampak positif bagi lingkungan. Berdasarkan hasil riset [37], antosianin yang berasal dari air limbah pengalengan kacang hitam mampu menyerap dan mencegah sinar matahari untuk masuk ke dalam air, yang mana sinar

matahari ini akan menghambat pertumbuhan bakteri tertentu yang mampu mendegradasi kotoran di dalam air dan memperlambat fotosintesis pada tanaman perairan.

Sebagai senyawa bioaktif, adanya susunan ikatan rangkap terkonjugasi pada struktur antosianin membuat antosianin tidak saja berfungsi pada tanaman itu sendiri melainkan mampu memfungsikan antosianin sebagai senyawa penghancur dan penangkal radikal bebas alami atau yang lebih dikenal sebagai senyawa antioksidan alami pada manusia [38]. Semakin banyak gugus hidroksil fenolik dalam struktur antosianin dapat meningkatkan fungsi antioksidannya [39]. Antosianin dapat memangsa berbagai jenis radikal bebas turunan oksigen reaktif, seperti hidroksil (OH^*), peroksil (ROO^*), dan oksigen tunggal (O_2^*) [40]. Radikal bebas ini di dalam tubuh dibentuk oleh sistem enzim prooksidatif, oksidasi lipid, irradiasi, inflamasi, merokok, nikotin, bahan kimia lainnya, dan polusi udara. Berikut aktivitas antioksidan dari beberapa jenis antosianin dan antosianidin disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Total Aktivitas Antioksidan Antosianin [41].

Antioksidan	Famili	Aktivitas Antioksidan (mM)
Delpinidin	Antosianidin	4.44 ± 0.11
Sianidin	Antosianidin	4.40 ± 0.12
Kerasianin	Antosianin	3.25 ± 0.10
Ideain	Antosianin	2.90 ± 0.03
Apigenidin	Antosianidin	2.35 ± 0.20
Peonidin	Antosianidin	2.22 ± 0.20
Malvidin	Antosianidin	2.06 ± 0.10
Oenin	Antosianin	1.78 ± 0.02
Pelargonidin	Antosianidin	1.30 ± 0.10

Fungsi antioksidan dari antosianin memiliki berbagai macam manfaat dalam mencegah berbagai penyakit degeneratif, seperti pencegahan penyakit kardiovaskuler oleh karena aterosklerosis yaitu dengan cara mengambat dan menurunkan kadar kolestrol dalam darah yang disebabkan oleh oksidasi LDL. Atau dengan kata lain, antosianin melindungi membran sel lemak dari oksidasi [42]. Kadar kolestrol yang diturunkan oleh antosianin dalam hal ini mencapai hingga 13,6%, apabila mengonsumsi antosianin selama ± 12 minggu dengan rata-rata konsumsi antosianin pada wanita antara 19,8 – 64,9 mg dan pada pria sekitar 18,4 – 44,1 mg setiap hari [43]. Proses penghambatan ini terjadi melalui mekanisme pemutusan rantai propagasi dari radikal bebas, dimana semua gugus hidroksil (OH) pada cincin B dapat menyumbangkan atau berperan sebagai donor elektron atau hidrogen sehingga terjadi pembersihan atau pencegahan terhadap radikal bebas [44].

Beberapa hasil riset [45-63] menunjukkan antosianin berfungsi sebagai anti diabetes; anti hipoglikemik; anti hipertensi; anti kanker; anti inflamasi; pencegah kemerosotan daya ingat dan kepikunan (neuroprotektan); anti mutagenik; anti katarak; anti arthritis; anti infertilitas; anti mikroba; anti aging; pencegah gangguan fungsi hati; serta anti obesitas yang disebabkan oleh adanya proses oksidasi yang terjadi secara terus menerus di dalam tubuh, sehingga menyebabkan kerusakan sel atau pertumbuhan sel yang tidak bisa dikendalikan menjadi lipid peroksida atau *malondialdehyde* (MDA) yang berujung pada kematian sel di berbagai jaringan tubuh. Untuk itu pemanfaatan

antosianin lebih sering digunakan dalam bidang kesehatan, antosianin berpotensi sebagai sediaan farmasi dalam industri kosmetik maupun dalam pembuatan obat untuk mencegah dan menyembuhkan berbagai macam penyakit kronis [64, 65].

Dalam bidang pangan, antosianin digunakan sebagai zat aditif atau bahan tambahan pangan (BTP) yang ditambahkan ke dalam bahan makanan dan minuman. Sebagai BTP, antosianin bertindak sebagai pewarna makanan dan minuman alami seperti warna antosianin dari beberapa jenis buah-buahan dan bunga dibuat dalam bentuk bubuk kering atau konsentrasi pekat untuk selanjutnya ditambahkan ke dalam pembuatan makanan dan minuman ringan, buah-buahan kering, *ice cream*, selai, susu kedelai, santan, agar-agar, mie, dan yogurt [66-68]. Selain itu pada bahan makanan, antosianin dapat direaksikan dengan senyawa kimia lain seperti brazilein (senyawa fenolik); polimer-polimer dari antosianin; dan logam untuk membentuk ikatan baru yang akan melindungi kation flavilium antosianin yang reaktif dari serangan molekul air (kopigmentasi), sehingga menyebabkan warna makanan dapat lebih stabil [69, 70].

Antosianin digunakan sebagai pengganti natrium nitrit dalam fermentasi produk daging, hal ini dikarenakan antosianin memiliki kualitas karakteristik yang hampir sama dengan natrium nitrit [71]. Pada bahan maupun kemasan makanan, antosianin tidak menimbulkan kerusakan karena memiliki aktivitas anti virus; anti jamur; dan anti bakteri tinggi yang dapat melindungi makanan dari pembusukkan mikroba, serta

tidak memberikan efek samping yang berbahaya (beracun) dibandingkan penggunaan pewarna sintetis [72, 73]. Tidak saja pada makanan, peranan antosianin sebagai pewarna alami pun mengalami modifikasi yaitu digunakan dalam pewarnaan rambut dengan menggunakan larutan mordan tunjung ($\text{Fe}(\text{SO}_4)$) sebagai zat penguat warna; sedangkan di Jepang, antosianin digunakan sebagai pewarna kertas awobana [74, 75].

Kepolaran antosianin yang cukup tinggi pada beberapa jenis tanaman seperti pada tanaman kubis ungu (*Brassica oleracea* L.), ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas*), bit merah (*Beta vulgaris*), bunga kembang sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis*), bunga rosela (*Hibiscus sabdarifa*) menyebabkan antosianin memiliki aplikasi potensi pemanfaatan dalam titrasi asam basa sebagai indikator asam basa alami [76]. Sebagai indikator, antosianin salah satunya dimanfaatkan sebagai biosensor kerusakan pada berbagai jenis daging ternak yang digunakan sebagai bahan makanan karena adanya proses pembusukan oleh mikroba [77].

BIOSINTESIS ANTOSIANIN

Cekaman abiotik dan biotik pada tanaman dapat menyebabkan biosintesis antosianin, hal ini dikarenakan adanya perubahan kondisi lingkungan stres dapat meningkatkan pertahanan hidup dari tanaman itu sendiri [78]. Pada kebanyakan jenis tanaman, penyusunan gen dalam jalur biosintesis antosianin serta berbagai mekanismenya sebagian besar diatur pada

tahapan transkripsi/penyalinan [79]. Jalur biosintesis antosianin secara umum dimulai dari fenil propanoid dimana berkaitan dengan tahapan utama metabolisme, yaitu mengubah substrat L-fenilalanin menjadi asam sinamat menggunakan enzim fenilalanin amonia liase (PAL) [80]. Asam sinamat dengan bantuan enzim sinamat 4-hidroksilase (C4) dan 4-kumarat koenzimA ligase (4CL) diubah menjadi 4-kumarat koenzimA. Selanjutnya, 4-kumarat koenzim A dikatalisis oleh enzim kalkon sintase (CS), kalkon isomerase (CI) dan flavanon 3-hidroksilase (F3) untuk membentuk dihidroflavonol. Pada tahap akhir, dihidroflavanon dikatalisis oleh enzim dihidroflavanol 4-reduktase (DFR) menjadi leukoantosianidin, yang mana leukoantosianidin ini akan dikonversikan menjadi antosianidin dan antosianin oleh enzim antosianidin sintase (ANS) [81, 82]. Jalur biosintesis antosianin pada tanaman secara lebih terperinci dapat dilihat pada Gambar 6.

Untuk mengatur ekspresi dari penyandian gen pada biosintesis antosianin adalah melalui sebuah agen transkripsi, seperti: enzim dihidroflavanol 4-reduktase (DFR) dan enzim antosianidin sintase (ANS), serta enzim-enzim lain yang telah dimodifikasi dan diatur oleh kompleks terner yang disebut dengan MBW (kompleks MBW). MBW ini tersusun dari R2R3-MYB, *basic helix-loop-helix* (bHLH), dan protein WD40 yang diulang [83]. Pada tanaman monokotil dan dikotil memiliki pengaturan/regulasi gen berbeda, dimana untuk tanaman monokotil semua gen pada jalur flavonoid diregulasi secara bersamaan sebagai unit tunggal oleh kompleks MBW.

Sedangkan untuk kasus regulasi pada tanaman dikotil lebih kompleks. Jalur yang diregulasi sekitar dua pasang berlainan secara terkoordinasi mengatur unit, dimana pada tahap awal menuju pada biosintesis flavonol dan flavon sedangkan pada tahap akhir menuju pada produksi proantosianidin dan antosianin. Pada tahap akhir menunjukkan adanya perbedaan dengan tahap awal, dimana pada tahap awal tidak memerlukan kompleks MBW [84].

Pada tanaman dikotil, hasil identifikasi agen-agen transkripsi pada R2R3-MYB mencakup *Production of Anthocyanin Pigmentation 1* (PAP1), PAP2, MYB113, dan MYB114. Pada bHLH, agen-agen transkripsinya mencakup *Transparent Testa 8* (TT8), *Glabra 3* (GL3), dan *Enhancer of Glabra 3* (EGL3), dan hanya satu protein WD40 yang diulang yaitu *Transparent Testa Glabra 1* (TTG1), semuanya telah diidentifikasi. Protein-protein bHLH mengikat MYB dan TTG1 untuk membentuk kompleks MBW, yang bertujuan untuk mengaktifkan ekspresi gen-gen spesifik dari antosianin dengan adanya interaksi para regulator satu sama lain untuk membentuk kompleks transkripsional bersama promotor struktural gen. Sedangkan pada tanaman monokotil, protein R2R3-MYB yang meregulasi jalur antosianin, berinteraksi dengan agen transkripsi bHLH untuk mengaktifkan promotor dihidroflavonol reduktase (DFR) [85].

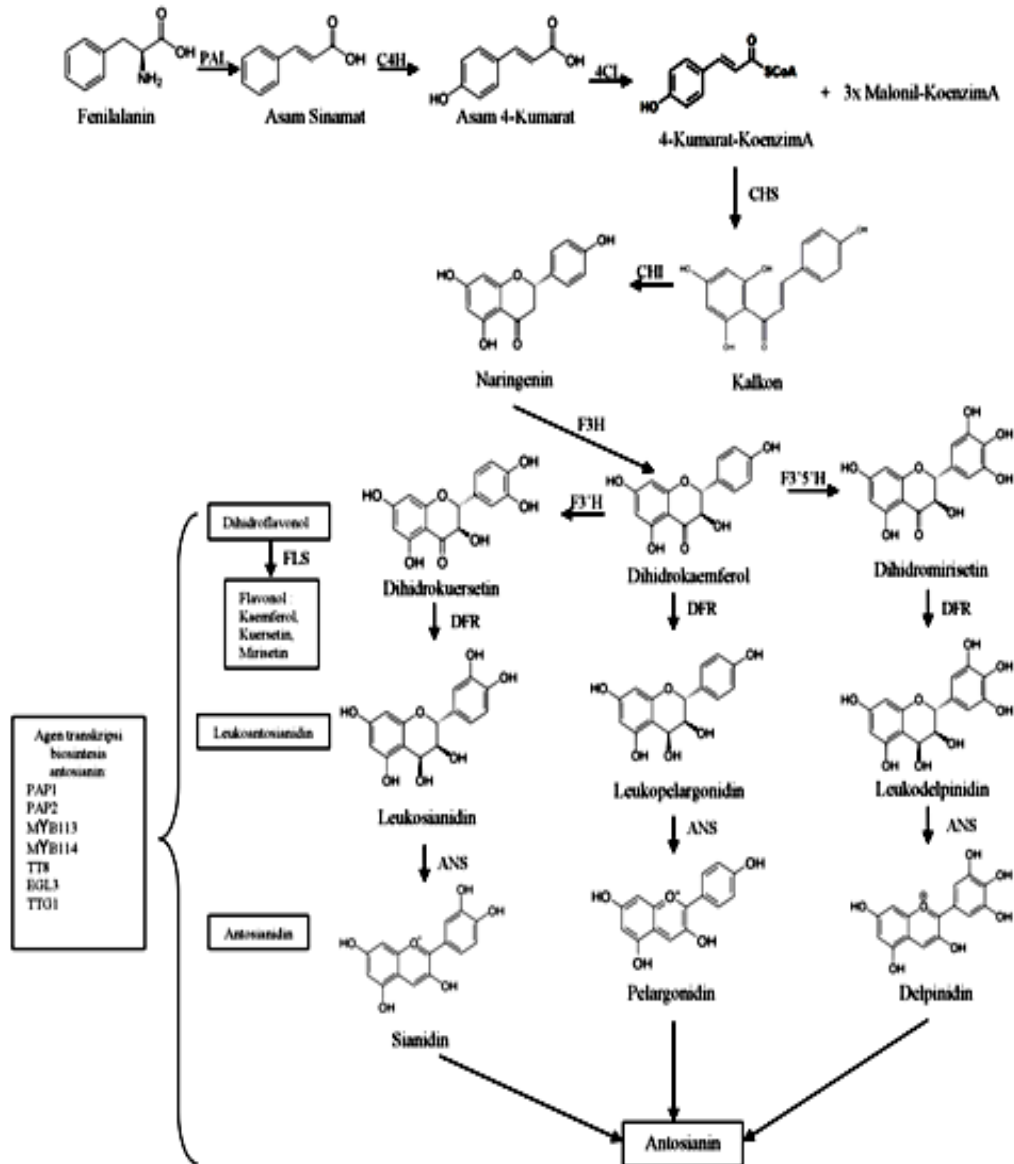
SUMBER DAN KANDUNGAN ANTOSIANIN

Keberadaan antosianin di alam paling melimpah. Berdasarkan beberapa hasil riset yang dilakukan menunjukkan sumber

antosianin terutama terdapat pada bahan alam khususnya pada tanaman.

Keberadaan antosianin pada tanaman terletak di dalam sel vakuola dari tanaman itu sendiri, sehingga kebanyakan antosianin ditemukan dan dapat diambil dari beberapa organ tanaman, seperti mahkota bunga, daun, buah, biji-bijian, hingga pada umbi-umbian. Pada berbagai jenis buah dan umbi-umbian, antosianin tidak saja terkandung dalam daging buah maupun umbi, melainkan juga pada kulitnya [86]. Warna antosianin bukanlah sebagai pembeda saja, tetapi juga merupakan informasi penting mengenai kandungan nutrisinya. Semakin pekat atau kuat warna yang dihasilkan pada tanaman menunjukkan bahwa semakin besar pula konsentrasi antosianin yang terdapat pada tanaman tersebut.

Antosianin yang terdapat pada bunga, khususnya pada mahkota bunga kebanyakan ditemukan pada bunga dengan konsentrasi antosianin yang bervariasi: mawar (0,925%/10 g), kembang sepatu (0,739%/10 g), rosela (0,795%/10 g berat bunga segar, 44,856%/100 g berat kering), pukul empat (0,977%/10 gr), dan lain-lain [87, 88]. Sedangkan untuk daun, buah, dan umbi, antosianin ditemukan pada daun *caladium* (0,002 – 0,057 mg/g), bayam merah (6350 ppm pada daun dan 2480 ppm pada batang), ubi jalar ungu (5,92 – 11,02 mg/25 g ubi jalar segar), kol merah (1111-1780 mg/100 g bahan kering dan 109 – 185 mg/100 g bahan segar), stroberi (20,8 mg/g), anggur (26,7 – 190 mg/100 g), murbei (1993 mg/100 g), naga (8,8 mg/100 gr daging buah naga), dan jambiang (161 mg/100 g daging buah jambiang matang segar) [89-97].



Gambar 6. Jalur Biosintesis Antosianin pada Tanaman

Pada kulit dari buah-buahan juga merupakan sumber antosianin, seperti pada kulit buah naga (22,593 ppm kulit buah naga daging merah dan 16,736 ppm kulit buah naga daging putih; sedangkan dalam kulit buah naga super merah kadar antosianin sebesar $58,0720 \pm 0,0001$ mg/L), kulit buah rambutan ($4,1 \cdot 10^{-3}$ mg/ml), kulit buah

manggis (593 ppm), kulit jambiang (19 mg/100 g kulit jambiang merah; 267 mg/100 g kulit jambiang merah keunguan; 379 mg - 731 mg/100 g kulit buah jambiang matang warna ungu), dan kulit buah jenitri ($23,87 \pm 4,11$ mg/100 g berat kering atau $9,58 \pm 1,65$ mg/100 g berat basa) [95, 98-101]. Menurut Manach dkk. [102], pada 200 g kulit buah

terung segar terkandung antosianin sebanyak 1500 mg. Selain itu juga, antosianin juga ternyata terdapat pada sabut kelapa hijau, dengan total kandungan antosianin sebesar 8,34 mg/100 g berat basah [103].

Jenis biji-bijian khususnya pada kacang-kacangan dan jagung mengandung antosianin. Menurut [104], antosianin terdapat pada bunga *redbud* (*Cercis* sp.) yang merupakan tanaman asli dari keluarga kacang-kacangan dan berasal negara bagian Amerika khususnya di Amerika Utara, Eropa, dan Cina dengan total kandungan antosianin sebesar 2263 hingga 8730 mg/kg berat kering. Sedangkan pada tanaman jagung, baik biji jagung maupun tongkol jagung memiliki variasi kandungan antosianin yang berbeda. Menurut Salinas-Moreno dkk. (2013) dan Escalante-Aburto dkk. (2016) [105], biji jagung putih per kg bahan kering mengandung antosianin sebesar 9-15,9; 163,9 mg pada biji jagung merah muda; 342,2 mg pada biji jagung biru; 1270 mg pada biji jagung merah; 1277 mg pada biji jagung ungu; dan 5290 mg pada biji jagung hitam. Sedangkan menurut Zhai [106], dalam 100 gr tongkol jagung ungu mengandung antosianin sebesar 185,1 mg.

Riset yang dilakukan oleh Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta dari Januari-agustus 2013 pada berbagai varietas dan asal padi di Indonesia, menunjukkan variasi total kandungan antosianin pada Tabel 3. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ponnappan *et al.* [108], antosianin dari ketiga jenis kultivar padi lahan kering yang berasal dari India yaitu padi putih, padi merah (varietas

TPS-1 dan TKM-9), dan padi hitam (varietas kavuni) menunjukkan bahwa padi hitam (varietas kavuni) memiliki

Tabel 3. Kandungan Antosianin pada Berbagai Varietas dan Daerah Asal Padi [107].

Nama Varietas	Daerah Asal	Kandungan Total Antosianin (mg/100 g)
Beras putih Inpari 6	Varietas unggul baru Kementan	0,47
Beras putih Situbagendit	Varietas unggul baru Kementan	0,50
Jlitheng	Sleman-Yogyakarta	53,22
Beras hitam Sragen	Sragen-Jawa Tengah	65,037
Beras hitam Bantul	Bantul-Yogyakarta	90,22
Melik	Bantul-Yogyakarta	100,06
Beras hitam Banjarnegara	Banjarnegara-Jawa Tengah	165,78
Beras hitam Banjarnegara berbatasan Wonosobo	Wonosobo- Jawa Tengah	179,09
Beras hitam Magelang (berbulu)	Magelang-Jawa Tengah	196,34
Sembada hitam	Sleman-Yogyakarta	230,48
Beras hitam NTT	Alor-NTT	264,43
Beras hitam Magelang (tak berbulu)	Magelang-Jawa Tengah	288,53
Cempo Ireng	Sleman-Yogyakarta	428,38

kandungan paling tinggi yaitu sebesar 244,45 mg/100 g; untuk padi merah varietas TPS-1 dan TKM-9 kandungan antosianin berturut-turut 1,39 dan 1,25 mg/100 g; dan untuk padi putih memiliki kandungan antosianin terendah yaitu 0,32 mg/100 g. Hasil kedua riset yang dilakukan oleh Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) dan Ponnappan menunjukkan bahwa antosianin tertinggi terletak pada varietas padi hitam, namun kandungan tertinggi ada pada varietas Cempo Ireng asal Indonesia.

KESIMPULAN

Pemanfaatan antosianin pada berbagai organisme dapat menggerakkan berbagai fungsi fisiologis yang berbeda dalam tubuh. Pemanfaatan antosianin pada tumbuhan digunakan sebagai zat pemberi warna, pelindung tanaman dari cekaman biotik dan

abiotik, dan sebagai fotoprotektor terhadap radiasi sinar UV-B. Pada manusia, antosianin digunakan sebagai senyawa bioaktif khususnya pada bidang kesehatan untuk mencegah berbagai penyakit kronis. Dalam bidang pangan, antosianin digunakan sebagai zat aditif pada bahan makanan dan minuman. Sedangkan pada bidang industri, antosianin dimanfaatkan dalam pembuatan kosmetik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Du, H., Wu, J., Ji, K. X., Zeng, Q. Y., Bhuiya, M. W., Su, S., Shu, Q. Y., Ren, H. X., Liu, Z. A., & Wang, L. S. 2015. Methylation Mediated by An Anthocyanin, *O*-Methyltransferase, Is Involved in Purple Flower Coloration in *Paeonia*. *Journal of Experimental Botany* 66 (21): 6563 – 6577.
- [2] Saati, E. A., Theovilla, R. R. D., Simon, B. W., & Aulanni'am. 2011. Optimalisasi Fungsi Pigmen Bunga Mawar Sortiran sebagai Zat Pewarna Alami dan Bioaktif pada Beberapa Produk Industri. *Jurnal Teknik Industri* 12 (2): 133 – 140.
- [3] Lee, Y. M., Yoon, Y., Yoon, H., Park, H. M., Song, S., & Yeum, K. J. 2017. Dietary Anthocyanins againts Obesity and Inflammation. *Nutrients* 9: 2 – 15. DOI: 10.3390/nu9101089.
- [4] Santoni, A., Darwis, D., & Syahri, S. 2013. Isolasi Antosianin dari Buah Pucuk Merah (*syzygium campanulatum* korth.) serta Pengujian Antioksidan dan Aplikasi sebagai Perwarna Alami. *Prosiding Seminar dan Rapat Tahunan Bidang MIPA BKS PTN Wilayah Barat Tahun 2013* 1 - 10. ISBN: 978-602-98559-2-0.
- [5] Barba-Espin, G., Glied, S., Crocoll, C., Dzhhanfezova, T., Joernsgaard, B., Okkels, F., Lutken, H., & Muller, R. 2017. Foliar-Applied Ethephon Enhances The Content of Anthocyanin of Black Carrot Roots (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.). *BMC Plant Biology* 17 (70): 1-11. DOI: 10.1186/s12870-017-1021-7.
- [6] Bridgers, E. N., Chinn, M. S., & Truong, V. D. 2010. Extraction of Anthocyanins from Industrial Purple-Fleshed Sweet Potato and Enzymatic Hydrolysis of Residues for Fermentable Sugars. *Industrial Crops and Products* 32: 613 – 620.
- [7] Liu, X., Mu, T., Sun, H., Zhang, M., & Chen, J. 2013. Optimisation of Aqueous Two-Phase Extraction of Anthocyanins from Purple Sweet Potatoes by Response Surface Methodology. *Food Chemistry* 141: 3034 – 3041.
- [8] Saati, E. A. 2014. Eksplorasi Pigmen Antosianin Bahan Hayati Lokal Pengganti *Rodhamin B* dan Uji Efektivitasnya pada Beberapa Produk Industri/Pangan. *Jurnal Gamma* 9 (2): 1 -12.
- [9] Hambali, M., Mayasari, F., & Noermansyah, F. 2014. Ekstraksi Antosianin dari Ubi Jalar dengan Variasi Konsentrasi Solven, dan Lama Waktu Ekstraksi. *Teknik Kimia* 20 (2): 25 – 35.
- [10] Santoso, W. E. A., & Estiasih, T. 2014. Kopigmentasi Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* var. *Ayamurasaki*) dengan Kopigmen Na-Kaseinat dan Protein *Whey* serta Stabilitasnya terhadap Pemanasan. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 2 (4): 121 – 127.
- [11] Trojak, M., & Skowron, E. 2017. Role of Anthocyanins in High-Light Stress Response. *World Scientific News* 81 (2): 150 – 168.

- [12] Siregar, A. H. 2016. Pembuatan Zat Warna Alam dari Tumbuhan Berasal dari Daun. *Bina Teknika* 12 (1): 103 – 110.
- [13] Rosyida, A., & Wedyatmo, D. A. 2014. Pemanfaatan Daun Jati Muda untuk Pewarnaan Kain Kapas pada Suhu Kamar. *Arena Tekstil* 29 (2): 115 – 124.
- [14] Kamiloglu, S., Capanoglu, E., Grootaert, C., & Camp, J. V. 2015. Anthocyanin Absorption and Metabolism by Human Intestinal Caco-2 Cells-A Review. *International Journal of Molecular Sciences* 16: 21555 – 21574. ISSN: 1422-0067.
- [15] Lukitasari, D. M., Indrawati, R., Chandra, R. D., Heriyanto, & Limantara, L. 2017. Mikroenkapsulasi Pigmen dari Kubis Merah: Studi Intensitas Warna dan Aktivitas Antioksidan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 28 (1): 1 – 9.
- [16] Blando, F., Calabriso, N., Berland, H., Maiorano, G., Gerardi, C., Carluccio, M. A., & Andersen, O. M. 2018. Radical Scavenging and Anti-Inflammatory Activities of Representative Anthocyanin Groupings from Pigment-Rich Fruits and Vegetables. *International Journal of Molecular Sciences* 19 (169): 1 – 15. DOI: 10.3390/ijms19010169.
- [17] Monica, S. H., & Avrihana, D. A. 2013. Penentuan Jenis Solven dan pH Optimum pada Analisis Senyawa Delphinidin dalam Kelopak Bunga Rosela dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri* 2 (2): 91 – 96.
- [18] Mahmudatussa'adah, A., Fardiaz, D., Andarwulan, N., & Kusnandar, F. 2014. Karakteristik Warna dan Aktivitas Antosianin Ubi Jalar Ungu. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 25 (2):176 – 184.
- [19] Hardiyanti, Y., Darwis, D., & Santoni, A. 2013. Ekstraksi dan Uji Antioksidan Senyawa Antosianin dari Daun Miana (*Coleus scutellarioides* L (*Benth.*)) serta Aplikasi pada Minuman. *Jurnal Kimia Unand.* 2 (2): 44 – 50.
- [20] Farahmandazad, H. 2015. *Recovery and Purification of Anthocyanins from Purple-Blue Potato*. Thesis. Lappeenranta: Lappeenranta University of Technology.
- [21] Husna, N. E., Novita, M., & Rohaya, S. 2013. Kandungan Antosianin dan Aktivitas Antioksidan Ubi Jalar Ungu Segar dan Produk Olahannya. *Agritech* 33 (3): 296 – 302.
- [22] Kristiana, H. D., Ariviani, S., & Khasanah, L. U. 2012. Ekstraksi Pigmen Antosianin Buah Senggani (*Melastoma malabathricum* Auct. Non Linn) dengan Variasi Jenis Pelarut. *Jurnal Teknosains Pangan* 1 (1): 105 – 109.
- [23] Sipahli, S., Mohanlall, V., & Mellem, J. J. 2017. Stability and Degradation Kinetics of Crude Anthocyanin Extract from *H. Sabdariffa*. *Food Science and Technology* 37 (2): 209 – 215.
- [24] Pedro, A. C., Granato, D., & Rosso, N. D. 2016. Extraction of Anthocyanins and Polyphenols from Black Rice (*Oryza sativa* L.) by Modeling and Assessing Their Reversibility and Stability. *Food Chemistry* 191: 12 – 20.
- [25] Sitepu, R., Heryanto, Brotosudarmo, T. H. P., & Limantara, L. 2016. Karakterisasi Antosianin Buah Murbei Spesies *Morus alba* dan *Morus cathayana* di Indonesia. *Journal of Natural Science* 5 (2): 158 – 171.

- [26] Marszalek, K., Wozniak, L., Kruszewski, B., & Skapska, S. 2017. The Effect of High Pressure Techniques on the Stability of Anthocyanins in Fruit and Vegetables. *International Journal of Molecular Sciences* 18: 1 – 23. DOI: 10.3390/ijms18020277.
- [27] Babaloo, F., & Jamei, R. 2018. Anthocyanin Pigment Stability of *Cornus mas*-Macrocarpa under Treatment with pH and Some Organic Acids. *Food Science and Nutrition* 6: 168 - 173. DOI: 10.1002/fsn3.542.
- [28] Ali, F., Ferawati, & Arqomah, R. 2013. Ekstraksi Zat Warna dari Kelopak Bunga Rosella (Studi Pengaruh Konsentrasi Asam Asetat dan Asam Sitrat). *Jurnal Teknik Kimia* 19 (1): 26 – 33.
- [29] Fathinatullabibah, Kawiji, & Khasanah, L. U. 2014. Stabilitas Antosianin Ekstrak Daun Jati (*Tectona grandis*) terhadap Perlakuan pH dan Suhu. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 3 (2): 60 – 63.
- [30] Djamil, L., Bahri, S., & Nurhaeni. 2015. Analisis Retensi Antosianin dalam Proses Pembuatan dan Penyimpanan Bubur Instan Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas*). *Jurnal of Natural Science* 4 (3): 322 – 328.
- [31] Munawaroh, H., Fadillah, G., Saputri, L. N. M. Z., Hanif, Q. A., Hidayat, R., & Wahyuningsih, S. 2015. Kopigmentasi dan Uji Stabilitas Warna Antosianin dari Isolasi Kulit Manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Prosiding Seminar nasional Matematika, Sains dan Informatika* 321 – 329. ISBN: 978-602-18580-3-5.
- [32] Geetha, M., Ponmozhi, P., Saravanakumar, M., & Suganyadevi, P. 2011. Extraction of Anthocyanin and Analyzing Its Antioxidant Properties from Different Onion (*Allium cepa*) Varieties. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences* 2 (3): 497 – 506.
- [33] Campanella, J. J., Smalley, J. V., & Dempsey, M. E. 2014. A Phylogenetic Examination of the Primary Anthocyanin Production Pathway of the Plantae. *Botanical Studies* 55 (10): 1 – 10.
- [34] Tanaka, S., Brefort, T., Neidig, N., Djamei, A., Kahnt, J., Vermerris, W., Koenig, S., Feussner, K., Feussner, I., & Kahmann, R. 2014. A Secreted Ustilago Maydis Effector Promotes Virulence by Targeting Anthocyanin Biosynthesis in Maize. *eLife Journal* 1 – 27. DOI: 10.7554/eLife.01355.
- [35] Rosyida, Nugroho, A. S., & Dewi, E. R. S. 2017. Bobot Basah dan Kandungan Antosianin Daun Tanaman Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss) pada Variasi Dosis Aplikasi Pupuk NPK Majemuk dan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*). *Prosiding Seminar Sains & Entrepreneurship IV* 431 – 441.
- [36] Wang, S., Chu, Z., Ren, M., Jia, R., Zhao, C., Fei, D., Su, H., Fan, X., Zhang, X., Li, Y., Wang, Y., & Ding, X. 2017. Identification of Anthocyanin Activator in *Solanum nigrum* Fruits. *Molecules* 22: 2 – 14. DOI: 10.3390/molecules22060876.
- [37] Wang, X., Hansen, C., & Allen, K. 2013. Identification of Anthocyanins Isolated from Black Bean Canning Wastewater by Macroporous Resin Using Optimized Condition. *Food and Nutrition Sciences* 4: 174 – 181.
- [38] Barrowclough, R. A. 2015. The Effect of Berry Consumption on Cancer Risk. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering* 2 (1): 1 - 9.

- [39] Han, F., Ju, Y., Ruan, X., Zhao, X., Yue, X., Zhuang, X., Qin, M., & Fang, Y. 2017. Color, Anthocyanin, and Antioxidant Characteristics of Young Wine Produced from Spine Grapes (*Vitis davidii* Foex) in China. *Food & Nutrition Research* 61: 1 – 11.
- [40] Siti Azima, A. M., Noriham, A., & Manshoor, N. 2014. Anthocyanin Content in Relation to The Antioxidant Activity and Colour Properties of *Garcinia mangostana* pell, *Syzygium cumini* and *Clitoria ternatea* Extracts. *International Food Research Journal* 21 (6): 2369 – 2375.
- [41] Chaiyasut, C., Sivamaruthi, B. S., Pengkumsri, N., Sirilun, S., Peerajan, S., Chaiyasut, K., & Kesika, P. 2016. Anthocyanin Profile and Its Antioxidant Activity of Widely Used Fruits, Vegetables, and Flowers in Thailand. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research* 9 (6): 218 – 224.
- [42] Wallace, T. C. 2011. Anthocyanins in Cardiovascular Disease. *American Society for Nutrition. Adv. Nutr.* 2: 1 – 7. DOI: 10.3945/an.110.000042.
- [43] Wahyuningsih, S., Wulandari, L., Wartono, M. W., Munawaroh, H., & Ramelan, A. H. 2016. The Effect of pH and Color Stability of Anthocyanin on Food Colorant. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 193: 1 – 10. DOI: 10.1088/1757-899X/193/1/012047.
- [44] Forbes-Hernandez, T. Y., Gasparri, M., Afrin, S., Cianciosi, D., Gonzalez-Paramas, A. M., Santos-Buelga, C., Mezzetti, B., Quiles, J. L., Battino, M., Giampieri, F., & Bompadre, S. 2017. Strawberry (cv. *Romina*) Methanolic Extract and Anthocyanin-Enriched Fraction Improve Lipid Profile and Antioxidant Status in HepG2 Cells. *International Journal of Molecular Sciences* 18: 1 – 17. DOI: 10.3390/ijms18061149.
- [45] Hariyanto, A., Fatmawati, H., & Sugiyanta. 2012. Ubi Jalar Ungu sebagai Stimulator Kemampuan Angiogenesis pada Tikus Model Diabetik. *UNEJ Jurnal* 1 (1): 1 – 4.
- [46] Ariesty, C. P., Sugiyanta, & Fatmawati, H. 2014. Pengaruh Ekstrak Air Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) terhadap Jumlah *Endothelial Progenitor Cell* (EPC) pada Tikus Wistar Diabetes Melitus. *e-Jurnal Pustaka Kesehatan* 2 (3): 387 – 391.
- [47] Kusumastuti, I. R. 2014. Roselle (*Hibiscus Sabdariffa* Linn) Effects on Lowering Blood Pressure as a Treatment for Hypertension. *J Majority* 3 (7): 70 – 74.
- [48] Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. 2017. Anthocyanidins and Anthocyanins: Colored Pigments as Food, Pharmaceutical Ingredients, and The Potential Health Benefits. *Food & Nutrition Research* 61: 1 – 21.
- [49] Sigarlaki, E. D., & Tjiptaningrum, A. 2016. Pengaruh Pemberian Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) terhadap Kadar Kolesterol Total. *Majority* 5 (5): 14 – 17.
- [59] Ganesan, K., & Xu, B. 2017. A Critical Review on Polyphenols and Health Benefits of Black Soybeans. *Nutrients* 9: 1 – 17. DOI: 10.3390/nu9050455.
- [60] Prakosa, A. G., Ratnawati, R., & Prabawati, R. K. 2017. Pengaruh Antosianin Ubi Ungu (*Ipomoea batatas* L.) Kultivar Gunung Kawi terhadap Ekspresi Caspase-3 pada Jaringan Otak Tikus Model DM Tipe 2. *Majalah Kesehatan FKUB* 4 (2): 52 – 58.
- [61] Monteiro e Silva, S. A., Michniak-Kohn, B., & Leonardi, G. R. 2017. An Overview about Oxidation in Clinical

- Practice of Skin Aging. *Anais Brasileiros de Dermatologia* 92 (3): 367 – 374.
- [62] Spinola, V., Pinto, J., & Castilho, P. C. 2018. Hypoglycemic, Anti-Glycation and Antioxidant *In Vitro* Properties of Two *Vaccinium* Species from Macaronesia: A Relation to Their Phenolic Composition. *Journal of Functional Foods* 40: 595 – 605.
- [63] Valenza, A., Bonfanti, C., Pasini, M. E., & Bellosta, P. 2018. Anthocyanins Function as Anti-Inflammatory Agents in a *Drosophila* Model for Adipose Tissue Macrophage Infiltration. *BioMed Research International* 1 – 9. ID: 6413172.
- [64] Westfall, A. 2015. *Evaluation of the Efficacy of Anthocyanins as Biologically Active Ingredients in Lipstick Formulations*. Thesis. Ohio: Ohio State University.
- [65] Pangaribuan, L. 2016. Pemanfaatan Masker Bunga Rosela untuk Pencerahan Kulit Wajah. *Jurnal Keluarga Sehat Sejahtera* 14 (28): 46 – 58.
- [66] Ekawati, P., Rostiati, & Syahraeni. 2015. Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Naga sebagai Pewarna Alami pada Susu Kedelai dan Santan. *e-J. Agrotekbis* 3 (2): 198 – 205.
- [67] Wulandari, R., Krisno, M. A., & Waluyo, L. 2016. Pengaruh Berbagai Konsentrasi Ekstrak Bunga Mawar Merah (*Rosa damascena* Mill) terhadap Stabilitas Warna Antosianin Agar-Agar sebagai Sumber Belajar Biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia* 2 (1): 48 – 56.
- [68] Rahmawati, H. S., Susilowati, A., & Harianti. 2017. Ekstrak Bunga Mawar Merah (*Rosa damascena* Mill) sebagai Pewarna Alami dalam Pembuatan Es Krim Rumput Laut (*Eucheuma spinosum*). *Jurnal Balik Diwa* 8 (1): 13 – 22.
- [69] Sa'ati, E. A., Khoridah, I. A., Wachid, M., & Winarsih, S. 2016. Kopigmentasi Tiga Ekstrak Antosianin dengan Secang (*Caesalpania sappan* L.) dan Aplikasinya pada Permen Jelly Sirsak. *Prosiding Seminar nasional dan Gelar Produk* 178 – 186.
- [70] Cortez, R., Luna-Vital, D. A., Margulis, D., & de Mejia, E. G. 2017. Natural Pigments: Stabilization Methods of Anthocyanins for Food Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16: 180 – 198. DOI: 10.1111/1541-4337.12244.
- [71] Sueprasarn, J., Reabroy, S., & Pirak, T. 2017. Antioxidant Properties of Karanda (*Carissa carandas* Linn.) Extracts and Its Application in Thai Traditional Fermented Pork Sauge (Nahm). *International Food Research Journal* 24 (4): 1667 – 1675.
- [72] Hidayah, T., Pratjojo, W., & Widiarti, N. 2014. Uji Stabilitas Pigmen dan Antioksidan Ekstrak Zat Warna Alami Kulit Buah Naga. *Indonesian Journal of Chemical Science* 3 (2): 135 – 140.
- [73] Saira, S., & Kamran, K. M. 2017. Stability of Anthocyanins from *Syzygium cumini* (Jamun) at Different Processing Condition. *J. Food Technol Pres* 2 (1): 1 – 5.
- [74] Agustin, D., & Ismiyati. 2015. Pengaruh Konsentrasi Pelarut pada Proses Ekstraksi Antosianin dari Bunga Kembang Sepatu. *Konversi* 4 (2): 9 – 16.
- [75] Amaliyah, E. R., & Pritasari, O. K. 2018. Pengaruh Perbandingan Proporsi Bubuk Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*) dengan Mordan Tunjung (Fe(SO₄)) terhadap Hasil Pewarnaan Alami Rambut. *e-*

- Jurnal Mahasiswa Unesa* 7 (1): 62 – 69.
- [76] Erwin, Nur, M. A., & Panggabean, A. S. 2015. Potensi Pemanfaatan Ekstrak Kubis Ungu (*Brassica oleracea* L.) sebagai Indikator Asam Basa Alami. *Jurnal Kimia Mulawarman* 13(1): 15 – 18.
- [77] Ananta, R. 2016. *Film Berbasis Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (Ipomoea batatas var. Ayamurasaki) sebagai Bioindikator Kerusakan pada Daging Ayam*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- [78] Kim, S., Hwang, G., Lee, S., Zhu, J. Y., Paik, I., Nguyen, T. T., Kim, J., & Oh, E. 2017. High Ambient Temperature Represses Anthocyanin Biosynthesis through Degradation of HY5. *Frontiers in Plant Science* 8: 1 – 11. DOI: 10.3389/fpls.2017.01787.
- [79] Huang, B. H., Chen, Y. W., Huang, C. L., Gao, L., & Liao, P. C. 2016. Diversifying Selection of The Anthocyanin Biosynthetic Downstream Gene UFGT Accelerates Floral Diversity of Island *Scutellaria* Species. *BMC Evolutionary Biology* 16 (191): 2 – 13.
- [80] Jiao, Y., Ma, R. J., Shen, Z. J., Yan, J., & Yu, M. L. 2014. Gene Regulation of Anthocyanin Biosynthesis in Two Blood-Flesh Peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) Cultivars during Fruit Development. *Journal of Zhejiang University-Science B (Biomedicine & Biotechnology)* 15 (9): 809 – 819.
- [81] Kovacs, Z., Csillery, G., Szoke, A., Kiss, E., & Veres, A. 2017. Characteristics and Regulation of Anthocyanin Biosynthesis in Pepper. *Columella – Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 4 (1): 47 – 58.
- [82] Liu, F., Yang, Y., Gao, J., Ma, C., & Bi, Y. 2018. A Comparative Transcriptome Analysis of A Wild Purple Potato and Its Red Mutant Provides Insight into The Mechanism of Anthocyanin Transformation. *PLoS One* 13 (1): 1 – 19.
- [83] Butelli, E., Garcia-Lor, A., Licciardello, C., Casas, G. L., Hill, L., Recupero, G. R., Keremane, M. L., Ramadugu, C., Krueger, R., Xu, Q., Deng, X., Fanciullino, A. L., Froelicher, Y., Navarro, L., & Martin, C. 2017. Changes in Anthocyanin Production during Domestication of Citrus. *Plant Physiology* 173: 2225 – 2242.
- [84] Pandey, A., Misra, P., Bhambhani, S., Bhatia, C., & Trivedi, P. K. 2014. Expression of *Arabidopsis* MYB Transcription Factor, AtMYB111, in Tobacco Requires Light to Modulate Flavonol Content. *Scientific Reports* 4: 1 – 10. DOI: 10.1038/srep05018.
- [85] Outchkourov, N. S., Karlova, R., Holscher, M., Schrama, X., Blilou, I., Jongedijk, E., Simon, C. D., van Dijk, A. D. J., Bosch, D., Hall, R. D., & Beekwilder, J. 2018. Transcription Factor-Mediated Control of Anthocyanin Biosynthesis in Vegetative Tissues. *Plant Physiology* 176: 1862 – 1878.
- [86] Martin, J., Navas, M. J., Jimenez-Moreno, A. M., & Asuero, A. G. 2017. Anthocyanin Pigments: Importance, Sample Preparation and Extraction. Chapter 5: *Phenolic Compound – Natural Sources, Importance and Application* 117 - 152. DOI: 10.5772/66892.
- [87] Djaeni, M., Ariani, A., Hidayat, R., & Utari, F. D. 2017. Ekstraksi Antosianin dari Kelopak Bunga Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.) Berbantu Ultrasonik: Tinjauan Aktivitas Antioksidan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 6 (3): 148 – 151.

- [88] Sangadji, I., Rijal, M., & Kusuma, Y. A. 2017. Kandungan Antosianin di Dalam Mahkota Bunga Beberapa Tanaman Hias. *Jurnal Biology Science & Education* 6 (2): 118 – 128.
- [89] Ahmadiani, N., Robbins, R. J., Collins, T. M., & Giusti, M. M. 2014. Anthocyanins Contents, Profiles, and Color Characteristics of Red Cabbage Extracts from Different Cultivar and Maturity Stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62: 7524 – 7531.
- [90] Ingrid, H. M., & Santoso, H. 2015. *Aktivitas Antioksidan dan Senyawa Bioaktif dalam Buah Stroberi*. Laporan Penelitian: Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- [91] Pebrianti, C., Ainurrasyid, R. B., & Purnamaningsih, S. L. 2015. Uji Kadar Antosianin dan Hasil Enam Varietas Tanaman Bayam Merah (*Altenanthera amoena* Voss) pada Musim Hujan. *Jurnal Produksi Tanaman* 3 (1): 27 – 33.
- [92] Winata, E. W., & Yunianta. 2015. Ekstraksi Antosianin Buah Murbei (*Morus alba* L.) Metode *Ultrasonic Bath* (Kajian Waktu dan Rasio Bahan : Pelarut). *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3 (2): 773 – 783.
- [93] Armanzah, R. S., & Hendrawati, T. Y. 2016. Pengaruh Waktu Maserasi Zat Antosianin sebagai Pewarna Alami dari Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L. *Poir*). *Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta* 1 – 10. e-ISSN: 2460 – 8416.
- [94] Hasidah, Murkalina, & Rousdy, D. W. 2017. Kandungan Pigmen Klorofil, Karotenoid dan Antosianin Daun *Caladium*. *Protobiont* 6 (2): 29 – 37.
- [95] Anggraini, T., Kurniawan, Y., Yennina, R., & Sayuti, K. 2018. Effect of ‘Jamblang’ (*Syzygium cumini*) Peel and Citric Acid Addition on Antioxidant Activity of ‘Kolang-Kaling’ Jam. *Pakistan Journal of Nutrition* 17 (3): 140 – 145.
- [96] Winarti, S., Sarofa, U., & Rodiyah, K. F. 2018. Karakteristik *Jelly Drink* Sinbiotik dari Susu Kedelai dan Ekstrak Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*). *Agrointek* 12 (1): 72 – 83.
- [97] Zulfajri, M., & Muttakin. 2018. Activity Analysis of Anthocyanin from *Syzygium cumini* (L.) Skeels as A Natural Indicator in Acid Base Titration. *Rasayan J. Chem.* 11 (1): 135 – 141.
- [98] Lestario, L. N., Rahayuni, E., & Timotius, K. H. 2011. Kandungan Antosianin dan Identifikasi Antosianidin dari Kulit Buah Jenitri (*Elaeocarpus angustifolius* Blume). *Agritech* 31 (2): 93 – 101.
- [99] Handayani, P. A., & Rahmawati, A. 2012. Pemanfaatan Kulit Buah Naga (*Dragon Fruit*) sebagai Pewarna Alami Makanan Pengganti Pewarna Sintetis. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan* 1 (2): 19 – 24.
- [100] Farida, R., & Nisa, F. C. 2015. Ekstraksi Antosianin Limbah Kulit Manggis Metode *Microwave Assisted Extraction* (Lama Ekstraksi dan Rasio Bahan : Pelarut). *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3 (2): 362 – 373.
- [101] Putri, N. K. M., Gunawan, I. W. G., & Suarsa, I. W. 2015. Aktivitas Antioksidan Antosianin dalam Ekstrak Etanol Kulit Buah Naga Super Merah (*Hylocereus costaricensis*) dan Analisis Kadar Totalnya. *Jurnal Kimia* 9 (2): 243 – 251.
- [102] Morais, C. A., de Rosso, V. V., Estadella, D., Pisani, L. P. 2016. Anthocyanins as Inflammatory Modulators and The Role of The Gut

- Microbiota. *Journal of Nutritional Biochemistry* 33: 1 – 7.
- [103] Anggriani, R., Ain, N., & Adnan, S. 2017. Identifikasi Fitokimia dan Karakterisasi Antosianin dari Sabut Kelapa Hijau (*Cocos nucifera* L. var. *Varidis*). *Jurnal Teknologi Pertanian* 18 (3): 163 – 172.
- [104] Perkins-Veazie, P., Ma, G., & Werner, D. 2017. Anthocyanin Pigments in Redbud (*Cercis* spp) Flowers. *Journal of Horticultural Science and Research* 1 (1): 13 – 18.
- [105] Ramirez, L. B., Salcedo, H. E. R., Aulis, M. F. F., Lopez, M. A. R., Ocana, A. N., & Radillo, J. J. V. 2018. Anthocyanins from Rose Maize (*Zea mays* L.) Grains. *Interciencia* 43 (3): 188 – 192.
- [106] Nursa'adah, I., Basuki, N., & Sugiharto, A. N. 2017. Keragaman Galur Inbrida Generasi S3 Jagung Ungu (*Zea mays* var *Ceratina* Kulesh). *Jurnal Produksi Tanaman* 5 (3): 506 – 514.
- [107] Kristamtini, Taryono, Basunanda, P., & Murti, R. H. 2017. Korelasi Kandungan Antosianin Total dengan Peubah Warna (L^* , a^* , dan b^*) dan Penanda Mikrosatelit pada Beras Hitam. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 1 (2): 115 – 124.
- [108] Ponnappan, S., Thangavel, A., & Sahu, O. 2017. Anthocyanin, Lutein, Polyphenol Contents and Antioxidant Activity of Black, Red and White Pigmented Rice Varieties. *Food Sciences and Nutrition Studies* 1 (1): 43 – 49.