

Laporan Penelitian

Uji efektivitas ekstrak bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) sebagai alternatif *disclosing agent*: Studi eksperimental

Inneke Cahyani^{1*}, Tuti Sri Suhesti², Nanditya Putri Maharani³

¹Departemen Periodonsia, Jurusan Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah, Indonesia

²Jurusan Farmasi, Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah, Indonesia

³Program Sarjana Pendidikan Dokter Gigi, Fakultas Kedokteran, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah, Indonesia

*Korespondensi:

inneke.cahyani@unsoed.ac.id

Submisi: 28 Maret 2026

Revisi: 19 April 2026

Penerimaan: 27 Juni 2026;

Publikasi Online: 30 Juni 2026

DOI: [10.24198/pjdrs.v10i2.69559](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v10i2.69559)

ABSTRAK

Pendahuluan: Plak gigi merupakan faktor utama terjadinya karies dan penyakit periodontal sehingga diperlukan *disclosing agent* untuk membantu identifikasi plak. Eritrosin sebagai *disclosing agent* memiliki keterbatasan, antara lain potensi toksisitas dan reaksi alergi, sehingga diperlukan alternatif berbahan alami. Bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) mengandung antosianin yang berpotensi sebagai pewarna alami. Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi ekstrak bunga telang sebagai alternatif *disclosing agent* dalam identifikasi plak gigi. **Metode:** Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratoris secara *in vitro* dengan rancangan *post-test only control group design*. Sampel penelitian terdiri atas 20 gigi premolar rahang atas hasil ekstraksi dengan menggunakan ekstrak bunga telang dengan konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100% sebagai kelompok perlakuan dan eritrosin sebagai kelompok kontrol. Pengujian identifikasi plak gigi dilakukan dengan menghitung skor indeks plak metode *Turesky-Gillmore-Glickman* Modifikasi *Quigley-Hein* dengan skala maksimal 5,00 pada model plak gigi yang telah diaplikasikan ekstrak bunga telang dan eritrosin. Analisis statistik menggunakan Uji *Kruskal-Wallis* yang dilanjutkan dengan Uji *Post-hoc Mann-Whitney*. **Hasil:** Kadar antosianin yang didapatkan dari penelitian ini dengan menggunakan metode pH differential sebesar 933,47 mg/L. Hasil rerata skor indeks plak pada masing-masing konsentrasi ekstrak dan eritrosin secara berturut-turut sebesar 2,42; 4,08; 4,83; 5,00; dan 5,00 ($p < 0,05$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang bermakna antara kelompok perlakuan ekstrak bunga telang konsentrasi 75% dan 100% dengan kelompok kontrol eritrosin ($p > 0,05$). **Simpulan:** Ekstrak bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) dengan konsentrasi 75% dan 100% berpotensi digunakan sebagai alternatif *disclosing agent* dari bahan alami.

KATA KUNCI: *Clitoria ternatea* L., *disclosing agent*, indeks plak *Turesky-Gillmore-Glickman* Modifikasi *Quigley-Hein*, plak gigi.

Evaluation of the effectiveness of butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) flower extract as an alternative *disclosing agent*: Study experimental

ABSTRACT

Introduction: Dental plaque is a major etiological factor in dental caries and periodontal disease; therefore, a disclosing agent is required to facilitate plaque identification. Erythrosine has several limitations, including potential toxicity and allergic reactions, highlighting the need for a natural alternative. Butterfly pea flower (*Clitoria ternatea* L.) contains anthocyanins that have the potential to serve as a natural colorant. This study aimed to analyze the potential of butterfly pea flower extract as an alternative disclosing agent for dental plaque identification. **Methods:** This laboratory-based experimental study was conducted *in vitro* using a *post-test only control group design*. The study samples consisted of 20 extracted maxillary premolar teeth. Butterfly pea flower extract at concentrations of 25%, 50%, 75%, and 100% was used as the treatment group treatment concentrations, while erythrosine served as the control group. Dental plaque identification was assessed by calculating plaque index scores using the *Turesky-Gillmore-Glickman* Modification of the *Quigley-Hein* Plaque Index with a maximum score of 5.00 on dental plaque models treated with butterfly pea flower extract and erythrosine. Statistical analysis was performed using the *Kruskal-Wallis* test followed by the *Mann-Whitney post hoc* test. **Results:** The anthocyanin content of the butterfly pea flower extract, determined using the pH differential method, was 933.47 mg/L. The mean plaque index scores for the 25%, 50%, 75%, and 100% butterfly pea flower extract groups and the erythrosine control group were 2.42, 4.08, 4.83, 5.00, and 5.00, respectively ($p < 0.05$). There were no statistically significant differences between the 75% and 100% butterfly pea flower extract groups and the erythrosine control group ($p > 0.05$). **Conclusion:** Butterfly pea flower (*Clitoria ternatea* L.) extract at concentrations of 75% and 100% has the potential to be used as a natural alternative disclosing agent for dental plaque identification.

KEY WORDS: *Clitoria ternatea* L., *disclosing agent*, dental plaque, *Turesky-Gillmore-Glickman* *Quigley-Hein* Modification, plaque index.

PENDAHULUAN

Kesehatan gigi dan mulut merupakan salah satu faktor yang masih diabaikan oleh sebagian besar masyarakat, terutama masyarakat Indonesia. Hal ini dibuktikan oleh data dari Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2018, yaitu prevalensi masalah gigi dan mulut masyarakat Indonesia sebesar 57,6%. Riskesdas tahun 2018 juga menunjukkan bahwa prevalensi terbesar masalah kesehatan gigi dan mulut yang terjadi di Indonesia adalah karies dan periodontitis, dengan prevalensi karies sebesar 88,8% dan prevalensi periodontitis sebesar 74,1%.¹

Kedua permasalahan tersebut, merupakan masalah kesehatan gigi dan mulut yang disebabkan oleh plak gigi. Plak gigi adalah endapan atau deposit lunak yang mengandung kumpulan bakteri yang menempel pada permukaan jaringan keras di rongga mulut.^{2,3} Plak gigi terdiri atas beberapa komponen dan sebagian besar tersusun oleh bakteri. Plak gigi juga terdiri dari dua komponen lainnya, yaitu komponen organik dan anorganik. Komponen organik dari plak gigi, yaitu matriks berupa polisakarida, protein, lipid, glikoprotein, dan asam nukleat, sedangkan komponen anorganik dari plak gigi sebagian besar terdiri dari kalsium dan fosfor.^{2,4}

Plak gigi memiliki matriks ekstraseluler yang keras yang disebut dengan *Extracellular Polymeric Substances* (EPS), sehingga tindakan berkumur saja tidak bisa membersihkan plak gigi. Cara yang dapat dilakukan untuk membersihkan plak gigi, yaitu dengan dua macam cara, yaitu secara mekanis dan kimiawi. Plak kontrol secara mekanis dapat dilakukan dengan menyikat gigi dan *flossing*, sedangkan secara kimiawi dibantu oleh pasta gigi.^{2,5} Plak gigi memiliki sifat berwarna transparan sehingga tidak dapat dilihat secara kasat mata. Jadi diperlukan suatu zat pewarna yang digunakan untuk mendeteksi plak gigi agar terlihat yang disebut dengan *disclosing agent*.⁶

Disclosing agent memiliki cara kerja dengan masuk ke plak gigi dan memberi warna pada seluruh plak. *Disclosing agent* dapat membantu masyarakat dalam mendeteksi plak gigi, meningkatkan motivasi masyarakat dalam meningkatkan *oral hygiene* (OH), dan membantu dalam proses kontrol plak secara mandiri yang merupakan metode efektif dalam meningkatkan kesehatan gigi dan mulut secara mandiri.⁷ *Disclosing agent* tersedia dalam beberapa bentuk sediaan, yaitu bentuk larutan, tablet, *lozenge*, dan bentuk *gel*.⁸

Ada berbagai macam *disclosing agent* yang beredar di pasaran, seperti eritrosin, *fluorescein*, *fast green*, *brilliant blue*, *fuchsin*, dan lain sebagainya. Salah satu *disclosing agent* yang sering digunakan adalah eritrosin. Eritrosin merupakan *disclosing agent* yang terbentuk dari senyawa *organo-iodine* dan beredar secara luas sebagai *disclosing agent* dalam bentuk larutan, *gel*, dan tablet. Eritrosin yang digunakan dalam dosis tinggi dapat memicu terjadinya kanker. Seseorang yang menelan eritrosin dalam jangka panjang dapat menyebabkan stimulasi tiroid secara kronis yang berperan dalam pembentukan kanker tiroid dan juga dapat memicu terjadinya alergi pada pasien yang alergi terhadap *iodine*. Selain dalam segi toksisitasnya, secara umum dalam segi kenyamanan, *disclosing agent* kurang disukai karena rasanya yang kurang enak. Hal tersebut menjadikan alasan diperlukannya alternatif *disclosing agent* yang tidak toksik terhadap tubuh dan nyaman untuk digunakan, salah satunya dengan membuat *disclosing agent* dari bahan alami.^{8,9}

Bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) merupakan salah satu tanaman yang mengandung senyawa flavonoid, terutama antosianin, yang berperan sebagai pigmen alami. Antosianin mampu menghasilkan warna merah, ungu, hingga biru bergantung pada kondisi pH serta memiliki toksisitas yang rendah sehingga dinyatakan aman sebagai bahan pewarna. Selain itu, komponen polisakarida pada antosianin dapat berikatan dengan polisakarida matriks ekstraseluler plak melalui ikatan hidrogen dan interaksi elektrostatis sehingga berpotensi memberikan pewarnaan pada plak gigi.^{10,11}

Bunga telang memiliki kadar antosianin yang cukup tinggi, yaitu mulai dari 15,03 mg/L hingga 820 mg/L.^{12,13} Selain itu, antosianin pada bunga telang termasuk jenis antosianin terpoliasilasi (gugus asil lebih dari dua) yang memberikan kestabilan lebih tinggi dibandingkan antosianin pada beberapa tanaman lain.⁴ Karakteristik tersebut mendukung potensi ekstrak bunga telang sebagai bahan alami alternatif *disclosing agent*.¹⁴

Penelitian mengenai pemanfaatan bahan alami sebagai alternatif *disclosing agent* telah banyak dilakukan. Prananta *et al.*, melaporkan bahwa ekstrak buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) konsentrasi 75% memiliki kemampuan pewarnaan plak yang sebanding dengan

eritrosin. Febriyanti *et al.*,⁴ juga menunjukkan bahwa ekstrak kelopak bunga *rosella* (*Hibiscus sabdariffa* L.) berpotensi digunakan sebagai *disclosing agent*, sedangkan Adnan *et al.*,⁵ melaporkan bahwa ekstrak daun rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) yang mengandung antosianin aman digunakan sebagai bahan pewarna plak gigi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa bahan alami yang mengandung pigmen antosianin memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai alternatif *disclosing agent*. Penelitian-penelitian tersebut menggunakan sumber tanaman yang berbeda dan belum memberikan informasi mengenai kemampuan ekstrak bunga telang dalam mewarnai plak gigi.

Meskipun demikian, hingga saat penelitian ini dilakukan, belum terdapat penelitian yang secara khusus mengevaluasi efektivitas ekstrak bunga telang sebagai alternatif *disclosing agent* dalam identifikasi plak gigi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk menganalisis kemampuan pewarnaan ekstrak bunga telang pada berbagai konsentrasi dan menentukan konsentrasi yang memiliki kemampuan paling baik dalam mengidentifikasi plak gigi. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan ekstrak bunga telang pada konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100% serta eritrosin sebagai kontrol.

Penggunaan beberapa konsentrasi memungkinkan analisis terhadap pola perubahan kemampuan pewarnaan plak seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak, sedangkan penggunaan eritrosin sebagai kontrol memungkinkan perbandingan kemampuan pewarnaan ekstrak bunga telang dengan *disclosing agent* yang umum digunakan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai potensi ekstrak bunga telang sebagai alternatif alami *disclosing agent* serta konsentrasi yang memiliki kemampuan pewarnaan plak yang sebanding dengan eritrosin. Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi ekstrak bunga telang sebagai alternatif *disclosing agent* dalam identifikasi plak gigi.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah *true experimental laboratoris* dengan metode *in vitro* karena penelitian akan dilakukan di laboratorium dalam lingkungan terkendali. Rancangan penelitian ini adalah *post-test-only control group design*. Sampel penelitian ini adalah gigi manusia yang telah diekstraksi dan digunakan sebagai model plak gigi melalui simulasi biofilm *Streptococcus mutans*. Sampel penelitian berupa 20 gigi premolar pertama dan kedua rahang atas manusia yang telah diekstraksi. Sampel dipilih berdasarkan kriteria, yaitu mahkota gigi dalam kondisi utuh, tidak terdapat karies, tidak memiliki restorasi, dan tidak mengalami retak atau fraktur. Gigi yang memenuhi kriteria tersebut kemudian digunakan sebagai model plak gigi setelah diberikan perlakuan simulasi biofilm *S. mutans*.

Jumlah sampel ditentukan berdasarkan jumlah kelompok perlakuan dan banyaknya pengulangan. Sampel dibagi menjadi lima kelompok, yaitu kelompok ekstrak bunga telang konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100%, serta kelompok kontrol positif menggunakan eritrosin. Setiap kelompok dilakukan tiga kali pengulangan (*triplo*) dengan satu pengulangan tambahan untuk meningkatkan validitas data. Selanjutnya, pengukuran skor indeks plak dilakukan sebanyak tiga kali oleh tiga orang pengamat (*multi-observer*) yang telah melakukan persamaan persepsi dalam penilaian skor indeks plak. Dengan demikian, jumlah sampel penelitian adalah 20 gigi, dengan total 60 kali pengukuran skor indeks plak.

Penelitian diawali dengan menanamkan gigi ke dalam gips, menutupi apeks akar gigi hingga mencapai batas *cemento enamel junction*.¹⁵ Penelitian dilanjutkan dengan pembuatan ekstrak bunga telang. Bunga telang yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari perkebunan telang di Desa Wisata Pekunden, Banyumas, Jawa Tengah dan telah dilakukan determinasi tanaman sebelum proses ekstraksi. Proses pembuatan ekstrak bunga telang diawali dengan pengeringan kelopak bunga menggunakan *freeze dryer* selama 8 jam. Setelah itu, kelopak bunga telang yang sudah kering, dihancurkan dengan menggunakan blender kemudian diayak dengan ayakan yang berukuran 60 *mesh* hingga terbentuk bubuk bunga telang sebanyak 29 gram.^{4,16}

Pembuatan ekstrak dimulai dengan mencampurkan bubuk bunga telang dengan pelarut berupa campuran aquades dan asam sitrat 2% dengan rasio 10:1. Bubuk bunga telang yang dibutuhkan sebanyak 25 gram dengan pelarut sebanyak 100 mL. Selanjutnya dilakukan proses maserasi selama 48 jam pada suhu 4°C dalam keadaan gelap (*erlenmeyer* ditutup dengan aluminium foil). Hasil maserasi tersebut kemudian disaring dengan kain saring dan didapatkan ekstrak bunga telang dengan konsentrasi 25%. Ekstrak tersebut kemudian

diuapkan dengan menggunakan *waterbath* hingga konsentrasinya hanya tersisa 25 mL, sehingga didapatkan ekstrak bunga telang dengan konsentrasi 100%^{4,17,18,19,20}

Analisis kuantitatif dilakukan pada penelitian ini untuk mengidentifikasi secara kuantitatif kandungan antosianin yang berada dalam ekstrak bunga telang. Analisis kuantitatif kandungan antosianin ini menggunakan metode *pH-Differential*. Ekstrak bunga telang yang telah didapatkan kemudian dilakukan pengenceran hingga didapatkan konsentrasi ekstrak 25%, 50%, 75%, dan 100%. Konsentrasi ekstrak bunga telang 25%, 50%, 75%, dan 100% dipilih untuk mengevaluasi pengaruh peningkatan konsentrasi ekstrak terhadap kemampuan pewarnaan plak gigi serta untuk menentukan konsentrasi yang memiliki potensi paling baik sebagai alternatif *disclosing agent*. Pengukuran pH kemudian dilakukan untuk mengukur besar pH ekstrak pada konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100%. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *pH meter* yang telah dikalibrasi.¹⁶

Penelitian dilanjutkan dengan pembuatan stok kultur bakteri *S. mutans* dilakukan dengan mengambil 1 ose bakteri. Kemudian, koloni bakteri tersebut ditanamkan pada media BHI-A, dengan menggoreskan jarum ose pada media BHI-A yang dimiringkan. Selanjutnya media tersebut diinkubasi dalam inkubator CO_2 pada suhu 37°C selama 24 jam.²¹

Bakteri *S. mutans* diinokulasikan pada media 10 mL media BHI- B yang kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah itu, untuk simulasi plak gigi, media BHI- B yang mengandung bakteri *S. mutans* tersebut ditambahkan 5% sukrosa.¹⁵ Simulasi plak gigi pada penelitian ini dilakukan dengan mengadaptasikan suspensi bakteri dengan saliva buatan. Saliva buatan yang digunakan pada penelitian ini dibuat dengan metode *McDougall*. Proses pembuatannya dilakukan dengan mencampur 9.8 gram $NaHCO_3$; 0.57 gram KCl; 0.47 gram NaCl; 9.3 gram; $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$; 0.12 gram $MgSO_4 \cdot 7H_2O$; 0.04 gram $CaCl_2$ dalam 1 liter aquades dengan pH 6,7. Larutan saliva buatan kemudian dihomogenkan dengan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 39°C. Setelah itu, dilakukan pengukuran pH saliva buatan dengan *pH meter* untuk mengukur pH saliva berada di angka 6,7.

Perlakuan simulasi biofilm pada gigi hasil ekstraksi pada penelitian ini dilakukan menggunakan gigi yang sebelumnya telah ditanam ke dalam gips dimasukkan ke botol yang berisikan 10 mL BHIB yang mengandung bakteri *S. mutans*. Satu botol lainnya diisi dengan 3 mL saliva buatan. Kedua botol tersebut kemudian disambungkan dengan *silicon tube* yang terhubung ke pompa peristaltik. Sirkulasi pompa diatur dengan kecepatan 32 rpm dan disirkulasikan terus menerus selama 72 jam. Dalam satu kali sirkulasi akan dilakukan pada 5 gigi secara langsung.¹⁵

Gigi yang sudah disimulasikan biofilm di angin-anginkan terlebih dahulu kemudian digunakan untuk prosedur identifikasi plak dengan menggunakan ekstrak bunga telang dan eritrosin. Aplikasi ekstrak dan eritrosin dapat menggunakan *microbrush* yang dioleskan pada permukaan fasial gigi. Setiap kelompok perlakuan (P1-P4) yang berisikan 4 gigi dioleskan dengan menggunakan ekstrak bunga telang berbagai konsentrasi, sedangkan kelompok kontrol eritrosin (P5) yang terdiri dari 4 gigi dioleskan menggunakan eritrosin. Saat gigi sudah terwarnai, didiamkan selama 60 detik. Setelah itu gigi dapat dibilas dengan menggunakan aquades agar tidak mengalami pewarnaan yang berlebihan.^{15,22}

Identifikasi plak gigi dilakukan pada masing-masing gigi, dan diberi penilaian berdasarkan skor indeks plak *Turesky-Gillmore-Glickman* Modifikasi *Quigley-Hein*. Berikut sistem skor indeks plak *Turesky-Gillmore-Glickman* Modifikasi *Quigley-Hein*.^{23,24} 0= Tidak terdapat plak. 1=Adanya bintik-bintik plak yang berada di tepi *servikal* gigi. 2=Adanya lapisan tipis plak dengan ketebalan hingga 1 mm yang melingkar secara kontinu pada sepertiga mahkota gigi 3=Adanya lapisan plak dengan ketebalan lebih dari 1 mm tetapi menutupi kurang dari sepertiga mahkota gigi tetapi menutupi kurang dari sepertiga mahkota gigi. 4=Adanya lapisan plak yang menutupi lebih dari sepertiga tetapi kurang dari Duapertiga mahkota gigi. 5=Adanya lapisan plak yang menutupi lebih dari dua pertiga mahkota gigi. Hasil skor setiap kelompok perlakuan dicatat oleh masing-masing pengamat. Hasil data yang didapatkan kemudian dapat dianalisis secara lebih lanjut.

HASIL

Analisis kuantitatif ekstrak pada penelitian ini dilakukan menggunakan ekstrak bunga telang konsentrasi 100%. Uji ini dilakukan dengan metode *pH differential* dan menggunakan bantuan alat spektrofotometer untuk mendapatkan nilai absorbansi ekstrak pada panjang

gelombang 510 nm dan 700 nm dalam pH 1 dan 4,5 yang dihitung menggunakan rumus untuk mendapatkan nilai absorbansi akhir dan kadar total antosianin. Hasil uji kadar antosianin ekstrak bunga telang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Analisis kuantitatif ekstrak bunga telang

Larutan Buffer	Panjang Gelombang	Absorbansi	Kadar Total Antosianin (mg/L)
KCl (pH 1)	510 nm	1,223	933,47
	700 nm	0,277	
CH ₃ COONa (pH 4,5)	510 nm	0,583	
	700 nm	0,196	

Tabel 1 menunjukkan kadar total antosianin yang terkandung dalam ekstrak bunga telang. Nilai kadar total antosianin dari penelitian ini didapatkan sebesar 933,47 mg/L. Pengujian nilai pH ekstrak bunga telang dilakukan dengan menggunakan *pH meter* digital yang telah dikalibrasi sebelumnya. Pengujian pH dilakukan pada 10 mL ekstrak bunga telang dalam konsentrasi yang berbeda. Nilai pH yang didapatkan disajikan dalam Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Nilai pH Ekstrak Bunga Telang (*C. ternatea* L.)

Konsentrasi Ekstrak	Nilai pH
25%	3,67
50%	3,71
75%	3,75
100%	3,76

Tabel 2 menunjukkan nilai pH ekstrak bunga telang yang didapatkan cenderung rendah yaitu dengan nilai pH rata-rata sebesar 3,72 dengan adanya peningkatan pH seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak bunga telang. Data nilai pH dianalisis statistik menggunakan uji non-parametrik *Kruskal-Wallis* dan didapatkan hasil nilai signifikansi sebesar $p=0,392$ ($p>0,05$) yang menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara kelompok perlakuan.

Uji identifikasi plak gigi dilakukan pada model plak gigi yang telah diaplikasikan ekstrak bunga telang dan eritrosin dengan menggunakan perhitungan skor indeks *Turesky-Gillmore-Glickman* Modifikasi *Quigley-Hein*. Tahap identifikasi ini dilakukan oleh tiga orang pengamat (*multi observer*) yang telah menyamakan persepsi sebelumnya terkait perhitungan skor indeks plak dan telah melakukan uji *Kappa* dengan tingkat kesepakatan yang didapatkan, yaitu *strong*/kuat. Hasil skor indeks plak yang didapatkan oleh masing-masing pengamat kemudian dicatat dan di rerata yang dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil skor indeks plak gigi oleh ekstrak bunga telang (*C. ternatea* L.).

Kelompok Perlakuan	Skor Indeks Plak
P1	2,42
P2	4,08
P3	4,83
P4	5,00
KP	5,00

Keterangan: P1 = Konsentrasi ekstrak 25%; P2 = Konsentrasi ekstrak 50%;
P3 = Konsentrasi ekstrak 75%; P4 = Konsentrasi ekstrak 100%;
KP = Eritrosin (Kontrol positif)

Tabel 3 menunjukkan rerata hasil skor indeks plak gigi pada model plak gigi yang telah diberi perlakuan pengaplikasian ekstrak bunga telang dan eritrosin yang mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak. Kelompok dengan skor indeks plak tertinggi berada pada kelompok perlakuan ekstrak bunga telang konsentrasi 100% (skor indeks plak 5,00) dan kelompok kontrol eritrosin (skor indeks plak 5,00) sedangkan kelompok dengan skor indeks plak terendah berada pada kelompok perlakuan ekstrak bunga telang konsentrasi 25% (skor indeks plak $2,42 \pm 0,50$).

Data hasil skor indeks plak gigi tersebut kemudian di analisis secara statistik dengan menggunakan SPSS. Berdasarkan uji normalitas dan uji homogenitas didapatkan hasil bahwa data tidak berdistribusi normal dan tidak homogen ($p<0,05$) bahkan setelah transformasi data, sehingga analisis data yang dilakukan selanjutnya adalah uji non parametrik, yaitu uji

statistik *Kruskall-Wallis*.

Hasil uji *Kruskall-Wallis* didapatkan hasil $p=0.004$ ($p<0,05$) yang mengindikasikan terdapat perbedaan nilai skor plak gigi yang signifikan antar kelompok perlakuan. Analisis dilanjutkan dengan uji *Post-hoc Mann-Whitney* dan didapatkan hasil bahwa ekstrak bunga telang konsentrasi 25% dan 50% dengan kelompok kontrol eritrosin memiliki perbedaan yang signifikan ($p<0,05$), sedangkan kelompok ekstrak konsentrasi 75% dan 100% menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan ($p>0,05$) jika dibandingkan dengan kelompok kontrol eritrosin.

PEMBAHASAN

Bunga telang merupakan salah satu bahan alam yang memiliki kandungan zat pewarna berupa antosianin. Tabel 1 menunjukkan rerata kadar antosianin dalam ekstrak bunga telang sebesar 933,47 mg/L. Hasil tersebut lebih tinggi dibandingkan kadar antosianin bunga telang pada penelitian-penelitian sebelumnya yang menunjukkan berbagai hasil jumlah kadar antosianin. Penelitian yang dilakukan Herlina *et al.*, menunjukkan bahwa bunga telang segar yang dilarutkan pada pelarut aquades mengandung antosianin sebesar 15,03 mg/L.¹³ Penelitian Hartono *et al.*, menunjukkan kadar antosianin ekstrak bunga telang sebesar 820 mg/L. Hal tersebut mengindikasikan kandungan antosianin bunga telang pada penelitian ini lebih baik.¹²

Tingginya kadar antosianin dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain faktor suhu, cahaya, dan pH. Penelitian ini dilakukan beberapa tahapan untuk memaksimalkan kadar antosianin pada ekstrak agar intensitas warna yang didapatkan lebih pekat. Proses pengeringan kelopak bunga telang menggunakan proses *freeze drying* agar dapat mempertahankan zat antosianin yang termolabil, sehingga zat warna yang dihasilkan tetap memiliki kadar yang tinggi. Penyimpanan ekstrak perlu diperhatikan agar tidak terkena cahaya dengan melapisi tempat penyimpanan ekstrak dengan menggunakan *aluminium foil*. Pelarut yang digunakan adalah campuran aquades dengan asam sitrat 2% untuk menciptakan kondisi asam pada pembuatan ekstrak bunga telang, sehingga kadar antosianin pada ekstrak lebih maksimal. Penambahan asam pada ekstrak dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi dikarenakan asam dapat menyebabkan denaturasi pada dinding sel tumbuhan yang merupakan tempat yang kaya akan antosianin dan menyebabkan banyaknya antosianin yang terekstrak.²⁵

Antosianin merupakan zat warna alami yang termasuk dalam subkelas dari flavonoid dan memiliki sifat mudah larut dalam air. Antosianin adalah senyawa yang dapat menghasilkan beberapa warna, seperti biru, ungu, merah, dan kuning, yang dipengaruhi oleh pH.²⁶ Antosianin stabil dalam kondisi pH yang asam, Pada kondisi asam bentuk antosianin berupa kation flavium yang merupakan kondisi antosianin paling stabil dan paling berwarna. Peningkatan pH akan menyebabkan kation flavium menjadi tidak stabil dan mengalami perubahan struktur menjadi senyawa tidak berwarna (kalkon). Hal tersebut dibuktikan dengan kadar antosianin setelah ekstrak disimpan selama 2 minggu dan diujikan kembali. Didapatkan kadar antosianin ekstrak yang mengalami penurunan drastis menjadi 154,19 mg/L yang kemungkinan dipengaruhi oleh perubahan pH ekstrak dalam jangka waktu tertentu yang kemudian mempengaruhi perubahan nilai absorbansi, kadar antosianin, serta intensitas warna.^{27,28,29,30,31}

Model plak gigi pada penelitian ini terbentuk dari biofilm bakteri *Streptococcus mutans* ATCC 25175 yang ditumbuhkan pada permukaan gigi hasil ekstraksi. Penelitian Halib *et al.*, menunjukkan hasil terbentuknya biofilm *S. mutans* pada gigi manusia hasil ekstraksi, dengan dilakukan aplikasi eritrosin dan pengukuran luas biofilm sebesar $23,83 \pm 0,52$ mm² setelah 72 jam. Penelitian ini tidak dilakukan pengukuran luas permukaan plak.¹⁵ Plak gigi yang terbentuk pada permukaan gigi hasil ekstraksi, tumbuh di seluruh permukaan mahkota gigi, hal ini ditandai dengan adanya gumpalan berwarna putih yang nampak pada permukaan mahkota gigi. Bakteri *S. mutans* termasuk dalam bakteri kolonisasi primer yang menginisiasi proses pembentukan plak gigi.^{15,32} Penambahan sukrosa 5% pada penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan laju pembentukan biofilm *S. mutans*. Sukrosa juga membantu *S. mutans* memproduksi *glucosyltransferase* yang berfungsi untuk mensintesis glukosa yang berperan untuk membantu perlekatan bakteri pada enamel gigi dan memperkuat resistensi bakteri terhadap tekanan mekanis.^{32,33}

Pewarnaan plak pada penelitian ini dapat terjadi secara maksimal diduga disebabkan oleh pengaruh kadar zat pewarna yang terkandung di dalam ekstrak yang ditunjukkan pada Tabel 1. Hal ini sejalan dengan penelitian Fione dan Adam yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak ubi jalar ungu dapat meningkatkan intensitas warna yang dihasilkan pada plak gigi. Hasil penelitian tersebut, konsentrasi ekstrak 8% menghasilkan intensitas pewarnaan yang lebih baik dibandingkan konsentrasi 4%, meskipun kemampuan pewarnaannya masih lebih rendah dibandingkan kontrol.⁶ Hasil penelitian ini menunjukkan pola yang serupa, yaitu terjadi penurunan rerata skor plak yang didapatkan seiring dengan menurunnya konsentrasi ekstrak bunga telang yang disebabkan oleh berkurangnya intensitas warna yang dihasilkan.

Berdasarkan Tabel 2 yang berisikan hasil pengujian pH pada ekstrak bunga telang didapatkan hasil rerata pH ekstrak sebesar 3,72 dengan adanya pola peningkatan pH seiring dengan meningkatkan konsentrasi ekstrak. Dilakukan analisis data nilai pH ekstrak dengan uji *Kruskal-Wallis* dan didapatkan hasil nilai signifikansi sebesar $p=0,392$ ($p>0,05$) yang menunjukkan tidak adanya perbedaan nilai pH yang signifikan antar kelompok perlakuan. Hal tersebut dikarenakan kenaikan nilai pH yang terjadi hanyalah sedikit. Pola peningkatan nilai pH terjadi dikarenakan semakin tinggi konsentrasi ekstrak, maka semakin rendah jumlah pelarut terkandung didalam ekstrak tersebut. Nilai pH ekstrak yang didapatkan termasuk ke dalam kondisi asam yang merupakan kondisi ideal untuk stabilitas antosianin. Selain itu, penambahan asam pada ekstrak dapat meningkatkan efisiensi selama proses ekstraksi agar kadar antosianin yang didapatkan lebih maksimal, dikarenakan asam dapat menyebabkan denaturasi pada dinding sel tumbuhan yang merupakan tempat yang kaya akan antosianin dan menyebabkan banyaknya antosianin yang terekstrak. Hal ini sejalan dengan penelitian Netravati *et al.*, yang menguji persentase *recovery* konsentrasi pigmen antosianin ekstrak bunga telang dengan berbagai pelarut, hasil dari penelitian ini menunjukkan pelarut aquades dengan campuran asam sitrat menunjukkan hasil yang tinggi yaitu sebesar $74.03 \pm 0.84\%$.²⁵

Hasil uji *post-hoc Mann-Whitney* pada hasil skor indeks plak dari Tabel 3 menunjukkan bahwa ekstrak bunga telang konsentrasi 75% dan 100% tidak memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik dibandingkan kelompok kontrol positif eritrosin ($p>0,05$). Tabel 3 menunjukkan rerata skor indeks plak pada konsentrasi 75% (4,83) lebih rendah dibandingkan konsentrasi 100% dan eritrosin (5,00), akan tetapi perbedaan tersebut tidak bermakna secara statistik. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Amaliya *et al.*⁹ yang menunjukkan bahwa ekstrak buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) pada konsentrasi 75% memiliki kemampuan pewarnaan plak yang serupa dengan kontrol, sedangkan konsentrasi 100% menunjukkan kemampuan pewarnaan yang lebih tinggi dibandingkan kontrol. Pada penelitian ini, ekstrak bunga telang konsentrasi 75% dan 100% juga menunjukkan kemampuan pewarnaan yang tidak berbeda bermakna dengan eritrosin. Kesamaan pola tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak bahan alami yang mengandung pigmen dapat meningkatkan kemampuan pewarnaan plak hingga mencapai kemampuan yang sebanding dengan bahan kontrol. Sedangkan, kelompok ekstrak konsentrasi 25% dan 50% menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dengan kelompok kontrol eritrosin ($p<0,05$).

Pewarnaan pada plak gigi dengan antosianin dan *disclosing agent* dapat terjadi dikarenakan adanya interaksi antara kedua zat tersebut. Interaksi yang terjadi berupa terbentuknya ikatan karena adanya perbedaan polaritas antara plak gigi dan zat warna. Perbedaan polaritas yang terjadi pada plak gigi dan zat warna adalah interaksi antara atom dan molekul dengan perbedaan elektronegativitas dan menghasilkan perbedaan muatan listrik dan menyebabkan zat warna dapat berikatan dengan plak gigi.³⁴ Ikatan antara antosianin dan plak gigi adalah ikatan hidrogen antar-polisakarida.¹⁴ Antosianin terdiri dari 2 komponen, yaitu komponen gula (polisakarida) dan komponen non-gula (antosianidin).

Saat pengaplikasian ekstrak bunga telang pada model plak gigi, komponen polisakarida dari antosianin akan berikatan dengan polisakarida yang terkandung di dalam plak gigi. Salah satu komponen dari plak gigi adalah *Extracellular Polymeric Substances* (EPS) yang tersusun dari polisakarida berupa glukukan ikatan α (1-3) yang disintesis dengan bantuan enzim *glucosyltransferase*. EPS berperan untuk komunikasi antar bakteri, perlindungan bagi plak gigi terhadap agen-agen dari luar, dan untuk mempertahankan struktur plak. Polisakarida antosianin dan EPS akan mengalami ikatan hidrogen yang terjadi antara atom hidrogen dan atom elektronegatif (atom O dan N).¹⁴ Hal ini didukung oleh penelitian Chen

et al.,³⁵ menunjukkan bahwa terdapat ikatan atom C dan H antara komponen gula (polisakarida) antosianin dan polisakarida.

Eritrosin dipilih sebagai kontrol positif pada penelitian ini karena merupakan salah satu jenis *disclosing agent* yang sering digunakan. Eritrosin terbentuk dari senyawa *organo-iodine*, yang menghasilkan warna *cherry red*.⁸ Pewarnaan pada eritrosin dapat terjadi karena ada ikatan kovalen antara rantai oligosakarida dengan glikan dan membentuk glikoprotein. Saat eritrosin terserap oleh plak, glikoprotein akan berikatan dengan eritrosin dan mengakibatkan plak menjadi.³⁶

Selain dipengaruhi perbedaan polaritas, plak gigi dan zat warna dapat berikatan karena adanya interaksi ikatan elektrostatis. Zat warna, seperti antosianin dan eritrosin mengandung 2 gugus kimia kunci yang berperan dalam menghasilkan warna, yaitu gugus kromofor dan ausokrom. Gugus kromofor berperan dalam menghasilkan warna, sedangkan gugus ausokrom berperan dalam pengikatan antara molekul warna dengan substrat dan meningkatkan intensitas warna.³⁷ Secara elektrostatis, bakteri memiliki muatan ion negatif, sedangkan kromofor memiliki muatan ion positif. Hal tersebut menyebabkan kromofor dan bakteri plak gigi dapat berikatan dan membuat plak gigi menjadi terwarnai.³⁶

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, penelitian dilakukan secara *in vitro* menggunakan model plak gigi sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi klinis dalam rongga mulut. Selain itu, penelitian ini hanya mengevaluasi kemampuan pewarnaan ekstrak bunga telang berdasarkan skor indeks plak dan belum menilai stabilitas warna maupun karakterisasi biofilm secara mikroskopis, seperti *scanning electron microscopy* (SEM), sehingga struktur biofilm tidak dapat dikonfirmasi secara langsung. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu dilakukan secara *in vivo* untuk menganalisis efektivitas ekstrak bunga telang dalam kondisi klinis serta menilai stabilitas warna, keamanan, dan pengembangan formulasi yang lebih aplikatif sebagai *disclosing agent*.

SIMPULAN

Terdapat pola peningkatan skor plak seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak. Ekstrak bunga telang dengan konsentrasi 75% dan 100% berpotensi untuk digunakan sebagai alternatif *disclosing agent* dari bahan alami karena memiliki kemampuan yang tidak berbeda bermakna dengan kelompok kontrol eritrosin dalam identifikasi plak gigi. Ekstrak bunga telang (*Clitoria ternatea L.*) berpotensi dikembangkan sebagai bahan alami alternatif dalam formulasi *disclosing agent*. Implikasi dari penelitian ini dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut mengenai pengembangan formulasi, stabilitas warna, keamanan, kenyamanan penggunaan, dan efektivitas ekstrak bunga telang pada kondisi klinis. Mengingat penelitian ini dilakukan secara *in vitro*, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memastikan efektivitas dan keamanan penggunaannya secara klinis.

Kontribusi Penulis: Konseptualisasi, I.C.; T.S.S; dan N.P.M.; metodologi, I.C.; T.S.S; dan N.P.M.; perangkat lunak, tidak berlaku.; validasi, I.C.; T.S.S; dan N.P.M.; analisis formal, I.C.; T.S.S; dan N.P.M.; investigasi, I.C.; T.S.S; dan N.P.M.; sumber daya, I.C.; T.S.S; dan N.P.M.; kurasi data, I.C.; T.S.S; dan N.P.M.; penulisan—penyusunan draft awal, I.C.; T.S.S; dan N.P.M.; penulisan-tinjauan dan penyuntingan, I.C.; T.S.S; dan N.P.M.; visualisasi, I.C.; T.S.S; dan N.P.M.; supervisi, I.C.; dan T.S.S.; administrasi proyek, I.C.; T.S.S; dan N.P.M.; perolehan pendanaan, tidak berlaku. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang diterbitkan.

Pendanaan: Pendanaan penelitian ini merupakan pendanaan secara pribadi.

Persetujuan Etik: Penelitian ini telah mendapatkan izin penelitian, dan pembebasan etik dan Komisi Etik Fakultas Kedokteran Universitas Jenderal Soedirman dengan nomor 013/KEPK/PE/I/2024

Pernyataan Ketersediaan Data: Ketersediaan data penelitian akan diberikan izin oleh peneliti melalui email korespondensi dengan memperhatikan etika dalam penelitian.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan

DAFTAR PUSTAKA

1. Kementerian Kesehatan RI, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. Laporan Nasional Risesdas 2018. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2018. p. 199-203.
2. Newman MG, Takei HH, Klokkevold PR, Carranza FA. Newman and Carranza's clinical periodontology. 13th ed. Philadelphia: Elsevier; 2019. p. 119-124.
3. Putri MH. Mikrobiologi keperawatan gigi. Pekalongan: Penerbit NEM; 2021. p. 97-98.
4. Febriyanti ID, Liana ID, Indriyani R, Christiono S. The effect of roselle (*Hibiscus sabdariffa L.*) petals extract as alternative disclosing solution for dental plaque identification. *Dentino J Ked Gigi*. 2018;3(2):108-15. DOI: <http://dx.doi.org/10.20527/dentino.v3i2.5384.g4543>

5. Adnan AP, Tripalu SZ, Gunawan E, Jarigau AS, Pratiwi R. Test of anthocyanin level and evaluation of rambutan leaf extract (*Nephelium lappaceum* L.) as an alternative to disclosing material of dental plaque detection solution. J Dentomaxillofac Sci. 2019;4(1):3-6. DOI: <https://doi.org/10.15562/jdmfs.v4i1.540>
6. Fione VR, Adam JDZ. Ekstrak ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas*) sebagai solusi pewarna alamiah plak gigi. J Ilm Perawat Manado. 2021;8(2):130-41. DOI: <https://doi.org/10.47718/jpd.v8i02.1197>
7. Lee EY, Kang MK. Efficacy of self-applied plaque disclosing solution in oral care. J Korean Soc Dent Hyg. 2018;18(5):853-62.
8. Jung IH, Yeon KH, Song HR, Hwang YS. Cytotoxicity of dental disclosing solution on gingival epithelial cells in vitro. Clin Exp Dent Res. 2020;6(6):669-76. DOI: <https://doi.org/10.1002/cre2.321>.
9. Amaliya A, Firdaus RT, Rusminah N. Natural pigment of red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) as dental plaque disclosing agent: a preliminary study. Istanbul J Pharm. 2020;50(3):256-61. <https://doi.org/10.26650/IstanbulJPharm.2019.0066>.
10. Marpaung AM. Tinjauan manfaat bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) bagi kesehatan manusia. J Funct Food Nutraceutical. 2020;1(2):63-85. <https://doi.org/10.33555/jffn.v1i2.30>
11. Handito D, Basuki E, Saloko S, Dwikasari LG, Triani E. Analisis komposisi bunga telang (*Clitoria ternatea*) sebagai antioksidan alami pada produk pangan. Prosiding SAINTEK. 2022;64-70.
12. Angriani L. Potensi ekstrak bunga telang (*Clitoria ternatea*) sebagai pewarna alami lokal pada berbagai industri pangan. Canrea J Food Technol Nutr Culinary. 2019;2(1):32-37. DOI: <https://doi.org/10.20956/canrea.v2i1.120>
13. Herlina H, Jannah S, Mulyani E, Sembiring M. Analisa antosianin pada minuman olahan bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) dengan metode pH diferensial. Parapemikir J Ilm Farm. 2023;12(2):217-26.
14. Prananta HI, Purwanto P, Misrohmasari EAA, Probosari N, Dwiattmoko S. Perbedaan indeks plak setelah pengolesan ekstrak daging buah naga merah (*Hylocereus costaricensis*) dan larutan pengungkap. Stomatognathic J Ked Gigi. 2019;16(1):21-4.
15. Halib N, Rahman NZA, Hanafiah RM, Roslan N, Jauhar NA. A simplified system for simulation of *Streptococcus mutans* biofilm on healthy extracted human tooth as dental plaque model. J Appl Pharm Sci. 2019;9(2):112-5. DOI: <https://doi.org/10.7324/japs.2019.90215>
16. Unawahi S, Widyasanti A, Rahimah S. Ekstraksi antosianin bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) dengan metode ultrasonik menggunakan pelarut aquades dan asam asetat. J Keteknikan Pertanian Trop Biosist. 2022;10(1):1-9. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.ikptb.2022.010.01.01>
17. Husna A, Lubis YM, Erika C. Ekstraksi pewarna alami dari bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) dengan variasi jenis pelarut dan lama ekstraksi. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian. 2022;7(2):410-418.
18. Rifqi M. Ekstraksi antosianin pada bunga telang (*Clitoria ternatea* L.): sebuah ulasan. Pasundan Food Technol J. 2021;8(2):45-50. <https://doi.org/10.23969/pftj.v8i2.4049>.
19. Fauzi RA, Widyasanti A, Perwitasari SDN, Nurhasanah S. Optimasi proses pengeringan terhadap aktivitas antioksidan bunga telang (*Clitoria ternatea*) menggunakan metode respon permukaan. J Teknol Pertanian. 2022;23(1):9-22. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2022.023.01.2>
20. Pramitasari R, Lim JP. Karakterisasi sifat fisikokimia ekstrak dan bubuk hasil pengeringan beku antosianin kelopak bunga telang (*Clitoria ternatea* L.). Agro Bali Agric J. 2022;5(2):304-12. DOI: <https://doi.org/10.37637/ab.v5i2.960>
21. Gloria Y, Delfina D, Bachtiar Y. Effectivity test antibacterial senggani leaf (*Melastoma candidum*) on bacteria *Streptococcus mutans*. J Biosains. 2019;5(1):31-7. <https://doi.org/10.24114/jbio.v5i1.12333>
22. Nayak DG, Uppoor A, Mahesh CP. Textbook of periodontology and oral implantology. 2nd ed. New Delhi: Elsevier; 2014. p. 355.
23. Eaton K, Ower P. Practical periodontics. Edinburgh: Elsevier; 2015. p. 98-100.
24. Reddy S. Essentials of clinical periodontology and periodontics. 5th ed. New Delhi: Jaypee; 2018. p. 87-92.
25. Netravati, Gomez S, Pathrose B, Raj MN, Joseph PM, Kuruvila B. Comparative evaluation of anthocyanin pigment yield and its attributes from butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) flowers as prospective food colorant using different extraction methods. Future Foods. 2022;6:100199. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100199>.
26. Purwaniati P, Arif AR, Yuliantini A. Analisis kadar antosianin total pada sediaan bunga telang (*Clitoria ternatea*) dengan metode pH diferensial menggunakan spektrofotometri visible. J Farmagazine. 2020;7(1):18-23.
27. Yunianto AE, Komala R, Febriani W. Antosianin bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) sebagai anti diabetes: sebuah tinjauan. Media Ilmiah Kesehatan Indonesia. 2025;3(3):135-144.
28. Surianti S, Husain H, Sulfikar S. Uji stabilitas pigmen merah antosianin dari daun jati muda (*Tectona grandis* Linn f.) terhadap pH sebagai pewarna alami. Chemica. 2019;20(1):94-101.
29. Almajid GAA, Rusli R, Priastomo M. Pengaruh pelarut, suhu, dan pH terhadap pigmen antosianin dari ekstrak kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). Proc Mulawarman Pharm Conf. 2021;14:179-85.
30. Enaru B, Dreţcanu G, Pop TD, Stănilă A, Diaconeasa Z. Anthocyanins: factors affecting their stability and degradation. Antioxidants (Basel). 2021;10(12):1967.
31. Ayun Q, Khomsiyah, Ajeng A. Pengaruh pH larutan terhadap kestabilan warna senyawa antosianin yang terdapat pada ekstrak kulit buah naga (*Hylocereus costaricensis*). J Crystal. 2022;4(1):1-6.
32. Zayed SM, Aboulwafa MM, Hashem AM, Saleh SE. Biofilm formation by *Streptococcus mutans* and its inhibition by green tea extracts. AMB Express. 2021;11(1):69.
33. Matsumoto-Nakano M. Role of *Streptococcus mutans* surface proteins for biofilm formation. Jpn Dent Sci Rev. 2018;54(1):22-9.
34. Ouellette RJ, Rawn JD. Principles of organic chemistry. Amsterdam: Elsevier; 2015. p. 2-3.
35. Chen S, Wu L, Li Y, Deng W. Interaction of plum (*Prunus salicina* Lindl. cv. Furong) anthocyanins with *Tremella* polysaccharides and characteristics of their complexes. 2022;2061:1-8.
36. Mangiri BS, Yani S, Anitasari S. Sari buah naga super merah (*Hylocereus costaricensis*) sebagai pewarna alami plak gigi. J Mater Kedokt Gigi. 2018;7(1):28-34.
37. Sinurat F, Fadilah FM, Rosalia K, Putri L, Ariyanti D. Pengujian food colouring solution sebagai bahan potensial dosimeter. Scientica. 2024;2(11):480-485.