

Enkapsulan ekstrak liang teh hasil seduhan pada berbagai pH sistem sebagai bahan inti: karakteristik fisikokimia

[*Physicochemical Characteristic of liang tea extract encapsulation on various pH*]

Sherlirianti¹, Yohana Sutiknyawati Kusuma Dewi^{1*}, Dzul Fadly¹

¹ Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak, Kalimantan Barat

* Email korespondensi: yohana@ps-itp.untan.ac.id

Diterima : 15 September 2022 Disetujui: 8 February 2023 DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jthp.v28i1.54-65>

ABSTRACT

Liang tea is a traditional drink made from herbal ingredients and tea ingredients which are functional as antioxidants. The use of a cup of tea leaves produces an interesting red-purple color, partly because it contains brazilin pigment. The color of the liang infusion is affected by pH but it is not yet known whether it has an effect on its physicochemical characteristics. The obstacle faced is because the form of the drink in the form of steeping becomes impractical so it needs modification, one of which is in the form of an encapsulant. One of the conditions for the steeping pH is achieved by using citrate buffer. Our study aimed to obtain the steeping pH conditions that produce liang tea extract as the core ingredient to obtain the best encapsulant based on physicochemical characteristics. The research design used complete randomization with 4 treatment levels, namely the addition of citrate buffer to pH 4.25; 5.07; 6.06 and without administration of citrate buffer (pH 6.37). Each level is repeated 5 times. The physicochemical characteristics of the encapsulant were observed for pH, water content, solubility, polyphenol content and antioxidant activity in liang tea extract as the core and encapsulant material. The results showed that liang tea extract brewed at system pH 4.25 had antioxidant activity (70.48 ± 0.81 %), produced encapsulants with highest total polyphenols (493.75 ± 12.50 mg GAE/g encapsulant) and antioxidant activity (72.24 ± 3.56 %) but also highest water content (10.76 ± 0.08 %) while the highest solubility was obtained in the encapsulant with the main ingredient of liang tea extract which was brewed at a system pH of 6.37.

Keywords: encapsulation, liang tea, pH, physicochemical characteristic

ABSTRAK

Liang teh merupakan minuman tradisional hasil seduhan dari bahan herbal dan bahan teh yang bersifat fungsional sebagai antioksidan. Penggunaan secang pada liang teh menghasilkan warna merah ungu yang menarik, salah satunya karena mengandung pigmen brazilin. Warna seduhan liang dipengaruhi pH tetapi belum diketahui apakah berpengaruh pada karakteristik fisikokimianya. Kendala yang dihadapi karena bentuk minuman berupa seduhan menjadi tidak praktis sehingga perlu modifikasi salah satunya berupa enkapsulan. Kondisi pH seduhan salah satunya dicapai dengan penggunaan buffer sitrat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kondisi pH seduhan yang menghasilkan ekstrak liang teh sebagai bahan inti untuk mendapatkan enkapsulan terbaik berdasarkan karakteristik fisikokimia. Rancangan penelitian menggunakan acak lengkap dengan 4 taraf perlakuan yaitu penambahan buffer sitrat sampai pH 4,25; 5,07; 6,06 dan tanpa pemberian buffer sitrat (pH 6,37). Setiap taraf diulangi sebanyak 5 kali. Karakteristik fisikokimia enkapsulan yang diamati pH, kadar air, kelarutan, kandungan polifenol dan aktivitas antioksidan pada ekstrak liang teh sebagai bahan inti dan enkapsulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak liang teh yang disedu pada pH sistem 4,25 dengan aktivitas antioksidan ($70,48 \pm 0,81$ %), menghasilkan enkapsulan dengan total polifenol ($493,75 \pm 12,50$ mg GAE/g enkapsulan) dan aktivitas antioksidan ($72,24 \pm 3,56$ %) tertinggi tetapi kandungan airnya juga tinggi ($10,76 \pm 0,08$ %) sedangkan kelarutan tertinggi diperoleh pada enkapsulan dengan bahan inti ekstrak liang teh yang disedu pada pH sistem 6,37.

Kata kunci: enkapsulan, liang teh, pH, karakteristik fitokimia,

Pendahuluan

Teh herbal adalah minuman tradisional yang terbuat dari bahan-bahan herbal seperti bunga, daun, biji, akar atau buah kering (Yunilawati et al., 2018), tetapi tidak mengandung daun teh (Wiratara & Ifadah, 2022). Hasil penelitian Dewi (2022), minuman liang teh di Kota Pontianak dibuat dari dua kelompok bahan yaitu bahan herbal dan bahan teh. Bahan herbal terdiri dari daun muje (*Dicliptera chinensis* L., daun nanas kerang (*Tradescantia spathacea* Sw.), daun oregano (*Oregano vulgare* W., daun pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius*) dan kulit lidah buaya (*Aloe vera chinensis*). Bahan teh yaitu kayu secang (*Caesalpinia sappan*). Adanya secang dalam formulasi teh herbal memberikan sumbangan warna merah ungu pada minuman karena mengandung pigmen brazilin (Sari et al., 2018) yang mendukung peran sebagai minuman kaya antioksidan. Namun demikian pigmen brazilin sangat sensitif terhadap pH, dimana pH merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitas senyawa antioksidan (Failisnur et al., 2019).

Masyarakat saat ini secara konvensional mengolah liang teh kemudian dikonsumsi langsung dalam bentuk seduhan sehingga tidak tahan lama disimpan. Hal ini tentunya menjadi kurang praktis untuk kehidupan modern saat ini, oleh karena itu perlu pengembangan inovasi teknologi. Pengembangan produk liang teh dapat dilakukan melalui proses enkapsulan. Enkapsulan adalah produk yang diolah dengan cara enkapsulasi yang membutuhkan bahan pengisi dan bahan inti. Keuntungan enkapsulasi dapat memperpanjang umur simpan produk (Wiriani et al., 2020) karena mampu membentuk lapisan yang mampu memberikan perlindungan bagi zat aktif dari interaksi dengan lingkungan, baik senyawa biologis maupun kimia, serta cahaya, kelembapan, dan suhu (Sulisyawati, 2022). Enkapsulasi senyawa bioaktif alami memiliki potensi untuk mengatasi beberapa kelemahan fitokimia, termasuk meningkatkan sifat fisikokimianya, seperti kelarutan dan stabilitas, dan farmakokinetiknya. Menurut Xie et al. (2011) enkapsulasi merupakan salah satu metode untuk meningkatkan bioavailabilitas dan aktivitas terapeutik fitokimia yang tidak terserap seperti polifenol ke dalam berbagai sistem seperti solid lipid nanoparticles (SLNs), misel, Liposom. Peningkatan bioavailabilitas ini dapat bervariasi, karena setidaknya peningkatan 9 kali lipat dalam bioavailabilitas oral kurkumin poli (laktat-ko-glikolat) (PLGA) nanoenkapsulasi telah dilaporkan (Shaikh et al., 2009), sedangkan peningkatan relatif 942,53 % juga dilaporkan untuk bioavailabilitas kurkumin yang dikemas dalam SLNs (Ji et al., 2014). Hasil penelitian inilah yang mendasari ekstrak liang teh berpotensi sebagai bahan inti untuk produk enkapsulan.

Stabilitas sebagian besar senyawa bioaktif dari tanaman rentan terhadap perubahan cahaya, panas, dan pH, sehingga menghasilkan rasa atau warna yang tidak enak (Prakash et al., 2018). Enkapsulasi mencegah degradasi senyawa bioaktif terhadap faktor-faktor ini secara *in vitro* atau *in vivo*. Penyamaran rasa aplikasi makanan atau terapeutik dari beberapa fitokimia dibatasi oleh rasa yang tidak enak, astringen, dan pahit (De Souza et al., 2020). Enkapsulasi menghilangkan masalah rasa tidak enak, karena senyawa bioaktif tidak bersentuhan dengan pengecap yang terletak di mulut. Misalnya, mikroenkapsulasi quercetin dengan carnauba wax, shellac, atau zein mampu mengurangi atau menutupi rasa pahit dari senyawa tersebut (Khor et al., 2017), sedangkan rasa ekstrak kunyit efektif menutupi dengan mikrokapsul berbasis esensi (Laokuldilok et al., 2016).

Proses enkapsulasi dipengaruhi oleh antara lain oleh sifat fisikokimia bahan inti dan bahan pelapis, serta berbagai tahapan enkapsulasi, sedangkan salah satu faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas bahan enkapsulasi adalah nilai pH. Salah satu komponen yang dipengaruhi pH adalah warna pigmen brazilian yang terdapat pada secang (Rina, 2017). Menurut Purbowati et al. (2016), ekstrak Rosela menunjukkan penurunan persen total fenolik yang paling signifikan pada pH 4-6 daripada pH 2-4. Sehingga, diketahui bahwa ekstrak kembang sepatu mudah menghancurkan senyawa fenolik pada pH 4-6. Hal ini disebabkan struktur senyawa fenolik cenderung berubah akibat perubahan pH dan kekuatan ion larutan, sehingga pH harus konstan dan dapat diformulasikan dengan buffer sitrat (Purbowati et al., 2016). Hasil warna seduhan liang teh bervariasi mulai dari oranye, kuning, merah hingga ungu diduga

dipengaruhi pH seduhan yang merupakan pH sistem. Perubahan warna seduhan liang teh secara tidak langsung dipengaruhi oleh kondisi pigmen brazilin dari secang (Saraswati, 2016). Hasil seduhan liang teh dari berbagai pH sistem setelah dibuat ekstrak untuk bahan inti pada enkapsulasi dengan proses evaporasi diduga berpengaruh pada karakteristik fisikokimia enkapsulan yang dihasilkan. Penelitian pengaruh pH system terhadap karakteristik fisikokimia enkapsulasi liang teh selama ini belum pernah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi pH seduhan yang menghasilkan ekstrak liang teh sebagai bahan inti untuk mendapatkan enkapsulan terbaik berdasarkan karakteristik fisikokimia.

Bahan dan metode

Bahan dan alat

Bahan utama adalah daun *Dicliptera chinensis*, daun *Tradescantia spathacea*, daun *Oreganum vulgare*, daun *Pandanus amaryllifolius*, kulit pelepah *Aloevera chinensis*, diperoleh dari kebun tanaman liang teh di Siantan kota Pontianak dan kayu *Caesalpinia sappan* diperoleh di toko obat di Kota Pontianak. Bahan enkapsulasi maltodextrin merk lihua dengan spesifikasi DE 20, bahan-bahan tambahan yang digunakan sukrosa dengan kualifikasi *food grade*. Bahan analisis yaitu asam sitrat, NaOH, etanol, Na₂HPO₄, folin ciocalteu dan asam galat kualifikasi pro analysis atau p.a (Merck) serta DPPH (*1,1-diphenyl-2 picrylhydrazyl*) (Sigma aldrich).

Alat-alat utama yang digunakan berupa spray dryer (pengering semprot) merk Attainpak, magnetic stirrer (SH02), rotary evaporator (IKA RV 8), thermometer (S-006), vortex (VM 300), spektrofotometer (Shimadzu UV mini 1240), pH meter (AMT20), refraktometer (ATAGO), oven (Faithful), dan pengering kabinet (CD5A).

Pelaksanaan penelitian

(1) Persiapan Bahan Baku

Daun *Dicliptera chinensis* dengan kriteria bewarna hijau, daun *Tradescantia spathacea* dengan kriteria bewarna merah lebar dan panjang kurang lebih 25-30cm, daun *Oreganum vulgare* dengan kriteria bewarna hijau, daun *Pandanus amaryllifolius* dengan kriteria bewarna hijau lebar dan panjang kurang lebih 25-30cm, dimana semua daun diambil mulai dari daun ke empat dari pucuk, dan kulit *Aloe vera chinensis* dengan umur panen 8-12 bulan. Bahan the yaitu kayu *Caesalpinia sappan* yang berumur 1-2 tahun yang sudah diserut dan dikeringkan. Semua bahan ditimbang, dicuci dengan air mengalir, kemudian ditiriskan. Seluruh bahan dikeringkan dengan menghamparkannya di atas rak-rak pengering kabinet dengan suhu 60 °C hingga kadar air mencapai 8%. Kemudian, bahan kering tersebut diblender agar halus untuk selanjutnya diayak dengan ayakan ukuran 60 mesh (Dewi, 2022). Bahan kering yang telah halus dan disimpan pada wadah yang tertutup untuk siap digunakan dalam formulasi liang teh.

(2) Pembuatan Larutan Buffer Sitrat

Larutan A: 0,1 M larutan asam sitrat (2,1014 g dalam 100 mL). Larutan B: 0,2 M larutan natrium fosfat (2,8392 g dalam 100 mL). Komposisi Larutan buffer sitrat sesuai dengan pH yang diinginkan, pada pH 4 diambil larutan asam sitrat 30,7 mL + larutan natrium fosfat 19,3 mL kemudian tera dalam tabung reaksi sampai 100 mL. Pembuatan pH 5 diambil diambil larutan asam sitrat 24,3 mL + larutan natrium fosfat 25,7 mL kemudian tera dalam tabung reaksi sampai 100 mL. Pembuatan pH 6 diambil larutan asam sitrat 17,9 mL + larutan natrium fosfat 32,1 mL kemudian tera dalam tabung reaksi sampai 100 mL.

(3) Pembuatan Ekstrak Liang Teh Sebagai Bahan Inti Enkapsulan

Pembuatan ekstrak liang teh diawali dengan menimbang daun serbuk dari *Dicliptera chinensis* 100 g, *Caesalpinia sappan* 20 g, *Tradescantia spathacea* 75 g, daun *Oreganum vulgare* 20 g, daun *Pandanus amaryllifolius* 20 g, kulit pelepah *Aloevera chinensis* 20 g, dan serbuk kayu *Caesalpinia sappan* sebanyak

20 g kemudian dicampur sehingga diperoleh bahan liang teh. Selanjutnya liang teh diseduh dengan aquabidest 2000 mL selama 18 menit pada suhu (60-80°C) setelah dingin disaring diperoleh hasil seduhan kemudian ditambahkan buffer sitrat sesuai perlakuan. Penambahan buffer sitrat pada hasil seduhan liang teh sesuai perlakuan pH sistem. Seduhan tersebut distirer dengan kondisi tertutup selama 24 jam, kemudian dievaporasi untuk mendapatkan ekstrak liang teh sebanyak ±85 mL sebagai bahan inti untuk enkapsulasi. Ekstrak liang teh dilakukan karakterisasi fisikokimia sebelum digunakan enkapsulasi.

(4) Proses pembuatan enkapsulasi

Enkapsulasi dilakukan dengan modifikasi menggunakan metode pengering semprot (Dewi, 2022); (Hasanuddin et al., 2018). Ekstrak liang teh yang telah di evaporasi digunakan sebagai bahan inti dalam enkapsulasi ditambahkan dengan ditambahkan maltodekstrin 17 g dan aquabidest 51 mL. Bahan tersebut dihomogenisasi selama 5 menit dengan kecepatan 13000 rpm, setelah itu dilakukan proses pengering semprot dengan suhu *inlet* 165°C, suhu *outlet* 70°C dan *feed flow* 10 mL/menit. Liang teh yang telah terenkapsulasi kemudian disimpan dalam tempat tertutup. Hasil enkapsulan dianalisis kadar air, kelarutan, total fenol dan aktivitas antioksidan.

Parameter penelitian

Parameter penelitian ini meliputi pH seduhan liang teh, total polifenol dan aktivitas antioksidan ekstrak liang teh, kelarutan (AOAC, 1984), Kadar Air (*Official Methods of Analysis of AOAC International*, 1995), Total Polifenol (Rahmasia et al., 2019) dan Aktivitas Antioksidan metode (Dewi et al., 2022) enkapsulan.

(1) Penentuan Kadar Total Polifenol (Rahmasia et al., 2019)

Sebanyak 0,1 g sampel dilarutkan dalam etanol p.a (pro analisis) dan dimasukkan dalam labu ukur 10 mL, dipipet 0,5 mL dan dimasukkan kedalam labu ukur 5 mL ditambahkan aquadest sampai batas tanda untuk mendapatkan ekstrak polifenol yang akan ditera kandungannya dengan spektrofotometer. Sebanyak 0,2 mL ekstrak dimasukkan dalam labu ukur 5 mL ditambahkan 2 mL NaOH 1 N dan 2,5 mL Folin serta aquades hingga batas tanda, kemudian dilakukan 1 jam inkubasi. Selanjutnya dilakukan pengukuran dengan spektrofotometri pada maksimum λ 648 nm. Kurva standar asam galat dibuat menggunakan ekivalen sebagai fenol pada sampel konsentrasi 20, 40, 60, 80 100 ppm dilakukan dengan prosedur yang sama. Konsentrasi bahan uji dihitung sebagai mg GAE/g sampel.

(2) Aktivitas antioksidan ditentukan berdasarkan metode (Dewi et al., 2022)

Pengujian aktivitas radikal bebas metode DPPH dengan sedikit modifikasi. Enkapsulan dilarutkan dengan konsentrasi 200 ppm. Larutan dibuat dengan cara menimbang 0,010 g kemudian larutkan dalam 50 mL aquabidest. Sampel dipipet sebanyak 4 mL, ditambahkan dengan 2 mL larutan metanol DPPH 0,2 mM dan diinkubasi selama 30 menit pada suhu kamar dalam gelap. Absorbansi campuran ditera pada panjang gelombang 517 nm.

Analisis data

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) satu faktorial yaitu variasi derajat keasaman seduhan liang teh dengan penambahan buffer sitrat dan disebut sebagai pH sistem (I) untuk menghasilkan ekstrak bahan inti.

Tabel 1. Rancangan Percobaan

pH sistem		Ulangan (u)			
I ₀ (6,37)	I ₀₁	I ₀₂	I ₀₃	I ₀₄	I ₀₅
I ₁ (6,06)	I ₁₁	I ₁₂	I ₁₃	I ₁₄	I ₁₅
I ₂ (5,07)	I ₂₁	I ₂₂	I ₂₃	I ₂₄	I ₂₅
I ₃ (4,25)	I ₃₁	I ₃₂	I ₃₃	I ₃₄	I ₃₅

Perlakuan terdiri dari 4 taraf disajikan pada Tabel 1. Analisis data menggunakan uji F (ANOVA) dengan uji lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf uji 5%. Penentuan perlakuan terbaik menggunakan metode De Garmo et al. (1984).

Hasil dan pembahasan

(1) pH sistem seduhan liang teh

Penambahan buffer sitrat pada hasil seduhan liang teh digunakan untuk membuat pH sistem liang teh sesuai perlakuan. Proses ini dilakukan pada sampel liang teh sebelum proses maserasi dan evaporasi untuk menghasilkan ekstrak liang teh sebagai bahan inti. Rerata pH sistem liang teh yang dihasilkan dari berbagai penambahan buffer sitrat disajikan pada Tabel 2. pH sistem liang teh di atur terlebih dahulu sebelum di jadikan ekstrak bertujuan agar dihasilkan ekstrak dengan pH sesuai perlakuan penelitian sehingga mudah dalam enkapsulasi.

Tabel 2. Rerata pH sistem liang teh

Penambahan buffer (mL)	Rerata pH \pm SD
0	6,37 \pm 0,02
86,60	6,06 \pm 0,02
342	5,07 \pm 0,02
1000	4,25 \pm 0,02

Pada Tabel 2 diketahui bahwa untuk mencapai pH sesuai perlakuan dibutuhkan penambahan buffer sitrat 86,60-1000 mL. Tanpa penambahan buffer sitrat untuk pH kontrol, penambahan sebanyak 6,60 mL untuk mendapatkan pH 6,06, penambahan sebanyak 342 mL untuk mendapatkan pH 5,07 dan penambahan sebanyak 1000 mL untuk mendapatkan pH 4,25.

(2) Kadar total polifenol ekstrak liang teh sebagai bahan inti

Hasil analisis kadar total polifenol ekstrak hasil evaporasi dari berbagai pH sistem seduhan liang teh sebagai bahan inti disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Total polifenol ekstrak hasil evaporasi dari berbagai pH sistem seduhan liang teh

pH sistem liang teh	Rerata polifenol ekstrak liang teh \pm SD
6,37 \pm 0,02 (kontrol)	255 \pm 47,06
6,06 \pm 0,02	188,75 \pm 23,96
5,07 \pm 0,02	367,5 \pm 25,54
4,25 \pm 0,02	427,5 \pm 21,01

Berdasarkan Tabel 3, rerata total polifenol ekstrak hasil evaporasi dari berbagai pH sistem seduhan liang teh melalui penambahan buffer sitrat menunjukkan kadar tertinggi pada pH sistem 4,25 yaitu 427,5 mg GAE/g ekstrak dan terendah pada pH sistem 6,06 yaitu 188,75 mg GAE/g ekstrak. Semakin rendah pH sistem seduhan liang teh semakin tinggi total fenol yang dihasilkan, diduga akibat komponen fenolat stabil pada pH rendah (Purbowati et al., 2016) khususnya yang terdapat dalam liang teh. Total fenol ekstrak liang teh hasil evaporasi yang diseduh pada pH sistem > 6 lebih rendah dibandingkan dengan yang diseduh dengan pH sistem < 6. Kondisi dapat disimpulkan bahwa ekstraksi komponen fenolat liang teh lebih efisien pada pH asam.

(3) Aktivitas antioksidan ekstrak liang teh sebagai bahan inti

Hasil analisis aktivitas antioksidan ekstrak liang teh sebagai bahan inti yang diseduh pada berbagai pH sistem seduhan melalui penambahan buffer disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Aktivitas antioksidan ekstrak liang teh sebagai bahan inti

pH sistem liang teh	Rerata antioksidan ± SD
6,37 (kontrol) ± 0,02	52,50 ± 3,18
6,06 ± 0,02	59,37 ± 0,91
5,07 ± 0,02	66,66 ± 1,10
4,25 ± 0,02	70,48 ± 0,81

Berdasarkan Tabel 4, rerata aktivitas antioksidan ekstrak liang teh menunjukkan aktivitas antioksidan tertinggi dari hasil seduhan menggunakan pH sistem 4,25 yaitu 70,48% dan terendah pada pH sistem tanpa buffer sitrat 6,37 yaitu 52,50%. Diduga aktivitas ini dipengaruhi juga oleh konsentrasi fenol yang terdapat dalam ekstrak tersebut juga tinggi (Rumayati et al., 2014).

Karakteristik fisikokimia enkapsulan dengan bahan inti ekstrak liang teh dari hasil seduhan berbagai pH sistem

(1) pH enkapsulan

Hasil analisis pH bertujuan mengetahui derajat keasaman (Adhayanti & Ahmad, 2021) enkapsulan dengan bahan inti ekstrak liang dari hasil seduhan berbagai pH sistem. Hasil dari analisis pH disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. pH enkapsulan dengan bahan inti ekstrak liang teh dari hasil seduhan perbagai pH sistem

pH Bahan Inti (Rerata ± SD)	pH Enkapsulan (Rerata pH ± SD)
6,37 (kontrol) ± 0,02	6,13 ± 0,22 ^a
6,06 ± 0,02	5,74 ± 0,15 ^a
5,07 ± 0,02	5,64 ± 0,52 ^a
4,25 ± 0,02	5,40 ± 1,33 ^a

Keterangan: huruf yang sama dibelakang angka menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNJ 5%

PH enkapsulan yang dihasilkan dari berbagai pH ekstrak liang teh sebagai bahan inti berkisar antara pH 6,13-5,40. Kisaran pH enkapsulan hasil penelitian ini hampir sama dengan pH enkapsulan hasil penelitian sebelumnya (Adhayanti & Ahmad, 2021) yang membuat enkapsulan dengan bahan inti kulit buah naga dan bahan pengisi maltodekstrin, menghasilkan pH 5,7-5. Sari et al. (2021), membuat minuman instan menggunakan bahan inti ekstrak daun pegagan, menghasilkan pH enkapsulan 5,6-5,8 dengan bahan pengisinya maltodekstrin.

Diduga kisaran pH enkapsulan secara umum dipengaruhi oleh bahan inti dan penyalut atau bahan pengisi yang digunakan khususnya perbandingan antara penyalut dengan inti. Ekstrak liang teh yang digunakan sebagai bahan inti sudah di atur pH sesuai dengan perlakuan penelitian pada tahapan awal setelah proses penyeduhan. Pengaturan pH tersebut menggunakan buffer sitrat yang merupakan larutan penyangga sehingga pH dijaga tetap konstan (Seifter, 2014). Pada penelitian ini perbandingan antara jumlah bahan inti dan dan bahan penyalut sama sehingga hal inilah yang menyebabkan hasil pH enkapsulan relatif sama (berbeda tidak nyata).

(2) Kadar air

Kadar air mempengaruhi umur simpan produk, semakin tinggi kandungannya pada bahan pangan maka akan semakin mudah rusak. Analisis terhadap parameter ini bertujuan mengukur kandungan air produk enkapsulan (Tabel 6). Berdasarkan Tabel 6, kadar air enkapsulan memiliki rerata antara 8,68-10,76%. Kandungan air enkapsulan ini belum memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia untuk produk instan yaitu 3-5% (Badan Standardisasi Nasional, 1996).

Tabel 6. Kadar air enkapsulan pada berbagai pH ekstrak sistem liang teh sebagai bahan inti

pH Bahan Inti (Rerata ± SD)	Kadar Air Enkapsulan % (Rerata ± SD)
6,37 (kontrol) ± 0,02	9,17 ± 0,63 ^a
6,06 ± 0,02	8,68 ± 0,38 ^a
5,07 ± 0,02	9,47 ± 1,46 ^a
4,25 ± 0,02	9,76 ± 0,08 ^a

Keterangan: huruf yang sama di belakang angka artinya berbeda tidak nyata pada uji BNJ 5%

Hal ini tampak pada produk yang dihasilkan, terlihat pada produk yang dihasilkan sangat mudah menggumpal (higrokopis) diduga karena kondisi proses enkapsulasi belum optimal pada operasional alat dan terbukti pada kadar air yang dihasilkan masih tinggi. Disatu sisi produk hasil enkapsulasi bersifat higroskopis (Huda, 2020). Bahan inti mengandung asam sitrat untuk membuat sistem pH yang dikehendaki dalam penelitian ini. Konsentrasi asam sitrat yang digunakan berbeda sesuai dengan perlakuan penelitian, diduga dampaknya karena asam sitrat bersifat higroskopis menyebabkan produk enkapsulan cepat menyerap uap air sehingga mempengaruhi kadar air enkapsulan mudah lembab (Lestari, 2019). Produk instan disarankan untuk diproduksi pada maksimum kelembaban 25% di suhu 25 °C (Romantika, 2017).

(3) Kelarutan enkapsulan

Hasil analisis kelarutan bertujuan untuk mengetahui kemampuan produk enkapsulan terlarut dalam air ketika disajikan, yang mana sangat penting bagi produk instan (Mursalin, 2019). Daya larut yang tinggi pada produk enkapsulan akan menguntungkan karena bahan aktif yang terdapat dalam inti akan terlepas dalam sistem minuman instan. Hasil analisis kelarutan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Kelarutan enkapsulan pada berbagai pH ekstrak sistem liang teh sebagai bahan inti

pH Bahan Inti (Rerata ± SD)	Kelarutan % (Rerata ± SD)
6,37 (kontrol) ± 0,02	92,54 ± 1,52 ^a
6,06 ± 0,02	87,87 ± 12,41 ^a
5,07 ± 0,02	87,99 ± 8,68 ^a
4,25 ± 0,02	87,35 ± 11,05 ^a

Keterangan: huruf yang sama dibelakang angka artinya berbeda tidak nyata pada uji BNJ 5%

Kelarutan enkapsulan di dalam air memiliki rerata berkisar 87,35-92,54 %. Hasil penelitian ini mendukung penelitian terdahulu yang melakukan enkapsulasi dengan bahan inti ekstrak daun jati dan penyalut maltodekstrin dengan hasil kelarutan 97 % (Purnomo et al., 2014). Penelitian sebelumnya (Hasna et al., 2019), menghasilkan kelarutan mikroenkapsul Oleoresin kayu manis dengan bahan penyalut maltodekstrin 17 g dan whey perbandingan 3:1 sebesar 93,84 Kelarutan yang tinggi diduga karena penggunaan bahan penyalut maltodextrin yang sangat larut air.

(4) Total polifenol

Komponen fenolik adalah senyawa fitokimia yang ditemukan secara alami pada tumbuhan. Senyawa ini berperan signifikan sebagai antioksidan yang mampu menahan oksidasi radikal bebas yang terbentuk di dalam tubuh, sehingga berkontribusi terhadap kesehatan (Nurdjanah et al., 2014). Polifenol adalah sekelompok senyawa yang diekstrak dari berbagai bagian tanaman. Polifenol terdapat pada berbagai bahan makanan segar maupun olahan anggur, minyak zaitun, teh hitam, teh hijau, maupun kacang-kacangan (Hala, 2020). Menurut klasifikasi komponen fenolik, dibagi menjadi monofenol, benzokuinon, asam fenolik, bioflavonoid kumarin, naftokuinon, asetofenon, xanton, stilben, asam hidroksisinamat, zat turunan tirosin, lignan, flavonoid, dan tanin. Senyawa fenolik sederhana meliputi asam fenolik, flavonoid,

dan tanin (Dewi & Dewi, 2021). Nilai rata-rata total polifenol enkapsulan dengan bahan inti ekstrak liang teh dari berbagai pH sistem seduhan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Total polifenol enkapsulan pada berbagai pH ekstrak liang teh sebagai bahan inti

pH Bahan Inti	Rerata polifenol ± SD mg GAE/g enkapsulan
6,37 (kontrol) ± 0,02	329,17 ± 65,65 ^a
6,06 ± 0,02	358,33 ± 29,54 ^a
5,07 ± 0,02	435,42 ± 20,09 ^b
4,25 ± 0,02	493,75 ± 12,50 ^c

Keterangan: huruf yang sama dibelakang angka menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNJ 5%

Rerata total polifenol enkapsulan berkisar antara 329,17 sampai dengan 493,75 mg GAE/g enkapsulan. Total polifenol enkapsulan terendah terdeteksi pada ekstrak liang teh hasil seduhan dengan pH sistem 6,37. Kandungan fenol enkapsulan diduga berasal dari kandungan fenolat dari bahan inti yaitu bahan penyusun formula liang teh diantaranya *Caesalpinia sappan*. Pada *Caesalpinia sappan* mengandung komponen fenolat brazilin, seperti antosianin, yang stabil bila berada dalam sistem pH 2-4 (Giuliana et al., 2015).

Purbowati et al. (2016) menjelaskan mekanisme perubahan struktur antosianin sebagai fungsi dari pH. Kondisi asam, pH < 3, antosianin ada sebagai flavonoid, pada pH 4-6, bentuk metanol yang tidak berwarna mendominasi sistem, dan pada pH > 7, antosianin ada sebagai kuinon. Ekstrak pada pH semakin tinggi menunjukkan penurunan persen total fenolat paling besar dibandingkan pH rendah diduga ekstrak senyawa fenolik cenderung rusak.

Hasil analisis ini sejalan dengan penelitian Kemit (2019), suhu dan pH mempengaruhi stabilitas flavonoid dari ekstrak daun alpukat; total flavonoid, total fenolik, maupun aktivitas antioksidan terlihat stabil pada pH 4. Pada pH rendah, stabilitas flavonoid lebih terjaga karena ion hydrogen meningkat pada kondisi asam kemudian menekan laju oksidasi flavonoid. Investigasi Siregar et al. (2015) memperlihatkan bahwa peningkatan pH menyebabkan penurunan total flavonoid akibat terdegradasi melalui penurunan konsentrasi ion hidrogen.

(5) Aktivitas antioksidan

Antioksidan merupakan zat yang mampu menetralkan radikal bebas dengan memberikan elektron pada senyawa yang memiliki sifat radikal sehingga mampu memberikan perlindungan bagi tubuh dari efek merugikan yang timbul dari mekanisme oksidasi berlebihan (Sari et al., 2021; Wijayanti & Anggia, 2020). Nilai rata-rata aktivitas antioksidan enkapsulan disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Aktivitas antioksidan enkapsulan dengan bahan inti ekstrak liang hasil seduhan berbagai pH sistem

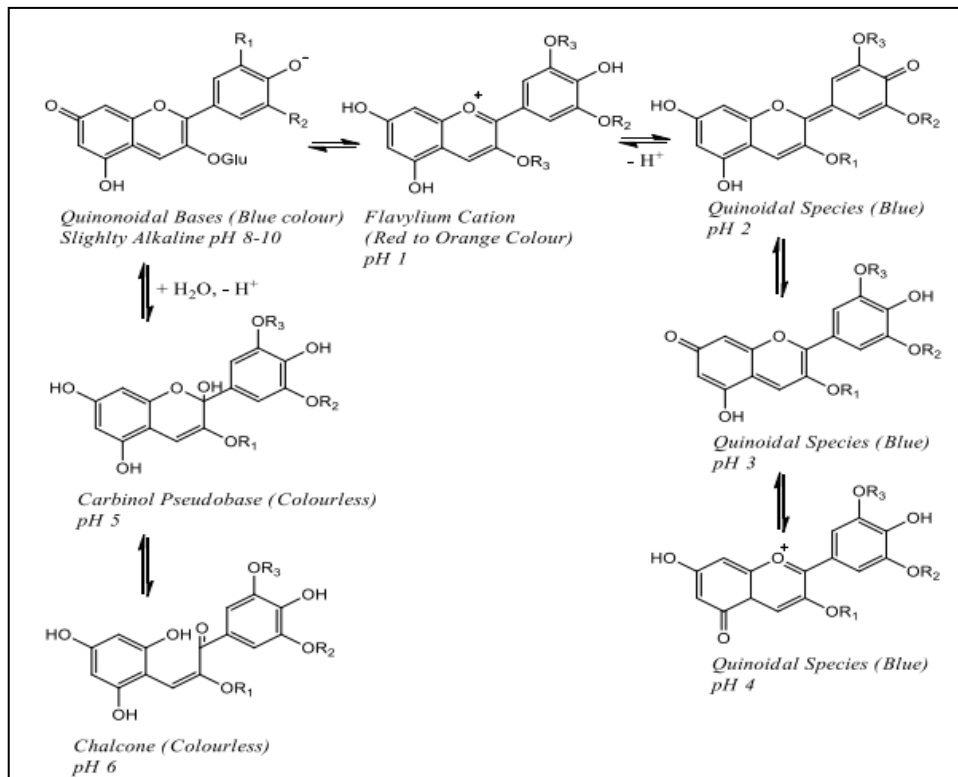
pH Bahan Inti (Rerata ± SD)	Rerata antioksidan ± SD
6,37 (kontrol) ± 0,02	63,58 ± 2,20 ^a
6,06 ± 0,02	64,60 ± 2,00 ^a
5,07 ± 0,02	67,84 ± 3,91 ^a
4,25 ± 0,02	72,74 ± 3,56 ^b

Keterangan: huruf yang sama di belakang angka menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNJ 5%

Berdasarkan Tabel 9, rerata aktivitas antioksidan tertinggi pada enkapsulan dengan bahan inti ekstrak liang teh dari hasil seduhan menggunakan pH sistem 4,25. Nilai aktivitas penangkal radikal bebas sejalan dengan nilai total polifenol enkapsulan ekstrak liang teh. Semakin tinggi total fenol, maka semakin baik aktivitas antioksidan yang dihasilkan (Rumayati et al., 2014).

Menurut Purbowati et al. (2016), antioksidan dari gugus fenolik berperan sebagai donor hidrogen untuk menstabilkan radikal bebas, dimana pada pH rendah, kerapatan ion hidrogen dalam medium meningkat, sehingga menghambat pelepasan ion hidrogen dari senyawa fenolik. Tabel 9, menunjukkan bahwa

enkapsulan ekstrak Liang teh dari hasil seduhan menggunakan pH sistem 4,25 memiliki aktivitas antioksidan sekitar 70%. Aktivitas antioksidan enkapsulan berkurang hingga 52% bila menggunakan ekstrak liang teh yang disedu dengan pH sistem lebih tinggi dan terendah aktivitas antioksidannya bila ekstrak liang teh yang disedu menggunakan pH sistem 6,37 sebagai bahan inti. Peningkatan pH menyebabkan konsentrasi ion hidrogen dalam medium berkurang sehingga senyawa fenolik antioksidan melepaskan ion hidrogen. Hal ini menyebabkan perlindungan antioksidan senyawa fenolik pada pH tinggi menjadi lebih rendah (Yudhayanti et al., 2020). Perubahan struktur antosianin pada berbagai pH dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur antosianin pada berbagai pH Giuliana et al., (2015)

Peningkatan antioksidan ini sejalan dengan temuan penelitian Giuliana et al. (2015). Aktivitas antioksidan ekstrak etanol daun miana menunjukkan nilai yang baik pada pH 4 dengan buffer sitrat dan buffer sitrat-fosfat. Senyawa bioaktif antioksidan yang banyak terdapat di dalam liang teh antara lain senyawa fenolik antosianin dimana pada kondisi asam (pH < 2) sebagai ion oksonium yang lebih stabil atau garam flavonoid. Pada kisaran pH 2-4, kuinon biru terbentuk yang dapat terhidrolisis dengan meningkatnya pH, membentuk pseudobase dan mulai kehilangan warna pada pH 5, sedangkan pada pH 6 berbentuk metanol basa dan bentuk kalkon. pH di atas 7 antosianin berbentuk basa quinoid berwarna biru. Kandungan zat fenolik dalam liang teh sangat bergantung pada karakteristik antosianin. pH Antosianin semakin rendah semakin stabil dan aktivitas antioksidannya tinggi (Purbowati et al., 2016). Kondisi ini diduga terjadi hal yang sama untuk pH sistem seduhan liang teh yang kaya antosianin.

Antosianin merupakan salah satu senyawa yang reaktif akibat kekurangan elektron dan hanya stabil pada kondisi asam. Peningkatan pH khususnya pada pH tinggi menyebabkan degradasi antosianin semakin besar, sehingga garam flavilium menjadi tidak stabil karena kehilangan proton dan berubah menjadi basis quinoidal dimana pigmen ini tidak stabil membentuk senyawa tidak berwarna yang disebut chromenol (Giuliana et al., 2015). Hal inilah yang menyebabkan enkapsulan dengan bahan inti dari ekstrak liang hasil seduhan dengan pH sistem 4 ± 0,02 melalui penambahan buffer sitrat menunjukkan aktivitas antioksidan lebih tinggi diduga karena antosianin yang merupakan turunan senyawa fenolik stabil pada pH asam dan aktivitas antioksidan nya semakin menurun seiring meningkatnya pH.

(6) Penentuan perlakuan terbaik

Penentuan perlakuan terbaik pada hasil penelitian produk enkapsulasi ekstrak sistem liang teh berdasarkan hasil perhitungan nilai perlakuan (NP) tertinggi yaitu 0,63 (Tabel 10) dengan karakteristik fisikokimia disajikan pada Tabel 11.

Tabel 10. Nilai perlakuan (NP) enkapsulan pada berbagai pH ekstrak sistem liang teh sebagai bahan inti

pH Bahan Inti (Rerata ± SD)	Nilai Perlakuan
6,37 (kontrol) ± 0,02	0,41
6,06 ± 0,02	0,18
5,07 ± 0,02	0,41
4,25 ± 0,02	0,63

Tabel 11. Karakteristik fisikokimia enkapsulan dengan ekstrak liang teh menggunakan pH sistem 4,25

Perlakuan	Rerata ± SD
Antioksidan (%)	72,24 ± 3,56
Total Polifenol (mg GAE/g)	493,75 ± 12,50
pH	5,40 ± 1,33
Kadar Air (%)	10,76 ± 0,08
Kelarutan	87,35 ± 11,05

Berdasarkan hasil analisis indeks efektifitas pada Tabel 11, enkapsulan yang menggunakan bahan inti ekstrak liang teh dari hasil seduhan pada pH sistem 4,25 menghasilkan aktivitas antioksidan sebesar 72,24%, kadar total polifenol 493,75 mg GAE/g, pH 5,40 dan kadar air 10,76% serta kelarutan 87,35%.

Kesimpulan

Ekstrak liang teh yang diseduh dengan pH sistem 4,25 ± 0,02 melalui penambahan buffer sitrat, sebagai bahan inti pada proses enkapsulasi menghasilkan aktivitas penghambatan radikal bebas DPPH enkapsulan sebesar 72,74 %. Enkapsulan mempunyai kadar total polifenol 493,75 mg GAE/g, pH 5,40 dan kadar air 10,76 %, serta kelarutan 87,35 %.

Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada Universitas Tanjungpura yang telah memfasilitasi sebagian pendanaan penelitian ini melalui anggaran DIPA Pertanian Tahun 2021 .

Daftar pustaka

- Adhayanti, I., & Ahmad, T. (2021). Pengaruh Metode Pengeringan Terhadap Karakter Mutu Fisik dan Kimia Serbuk Minuman Instan Kulit Buah Naga. *Media Farmasi*, 16(1), 57-64. <https://doi.org/10.32382/mf.v16i1.1418>.
- AOAC. (1984). *Official Methods of Analysis 14TH Edition*. Washington DC: Association of Analytical Chemist.
- AOAC. (1995). *Official Methods of Analysis 16TH Edition*. Washington DC: Association of Analytical Chemist.
- Badan Standardisasi Nasional. (1996). *SNI 01-4239-1996 tentang Minuman Serbuk Tradisional*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Dewi, T.O.T., Dewi, Y.S.K., & Sholahuddin, S. (2021). Kajian Suhu Pengeringan Terhadap Karakteristik Fisikokimia Dan Sifat Organoleptik Pada Teh Herbal. *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian*, 10(3).
- Dewi, Y.S.K. (2022). The Study of Citrus Peels (*Citrus amblycarpa*) Mass Ratio Substitution on Physicochemical of Rich-Antioxidant of Liang Tea. *Poltekita: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 16(2), 241–248. <https://doi.org/10.33860/jik.v16i2.1439>.

- Dewi, Y.S.K., Purwayantie, S., Christian, F., Fadly, D., & Simamora, C.J.K. (2022). Phytochemicals, Antioxidant Activities, and Toxicity Evaluation Of Several Fractions Of *Scorodocarpus borneensis* Becc. Leaves. *Rasayan Journal of Chemistry*, 15(1), 705–710.
- DeGarmo, E.P., Sullivan, W.G., & Canada, J.R. (1984). *Engineering Economy 7TH Edition*. New York: Macmillan Publishing.
- De Souza V.B., Thomazini, M., Chaves, I.E., Ferro-Furtado, R., Favaro-Trindade, C.S. (2020). Microencapsulation by Complex Coacervation as a Tool to Protect Bioactive Compounds and to Reduce Astringency and Strong Flavor of Vegetable Extracts. *Food Hydrocolloids*, 98, 1-9.
- Failisnur, F., Sofyan, S., & Silfia, S. (2019). Ekstraksi Kayu Secang (*Caesalpinia sappan* Linn) dan Aplikasinya Pada Pewarnaan Kain Katun dan Sutera. *Jurnal Litbang Industri*, 9(1), 33-40.
- Giuliana, F.E., Ardana, M., & Rusli, R. (2015). Pengaruh pH terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Miana (*Coleus atropurpureus* L. Benth). *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, Samarinda: 5-6 Juni 2015. Hal. 242-251.
- Hala, Y., & Ali, A. (2020). Kandungan Total Fenol dan Kapasitas Antioksidan Buah Lokal Indonesia Sebelum dan Setelah Pencampuran. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, Makassar: 8 Agustus 2020. Hlm. 353-364.
- Hasanuddin, A., Hafisah, H., Anwar, C., & Mappatoba, M. (2018). Antibacterial and Antioxidant Activities Of Cocoa Pod That Associated In Maltodextrin In Various Concentration. *AGROLAND: The Agricultural Sciences Journal*, 5(2), 123-131.
- Hasna, T., Anandito, B.K., Khasanah, L.U., Utami, R., & Manuhara, G.J. (2019). Kombinasi Maltodekstrin dan Whey sebagai Bahan Penyalut pada Karakteristik Mikroenkapsul Oleoresin Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii*). *Agritech*, 38(3), 259-264.
- Huda, S. (2020). Efek Evaporasi Dan Suhu Pengeringan Spraydrying Terhadap Karakteristik Fisik Dan Kimia Whey Bubuk. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 13(2), 84-93.
- Saraswati, I. (2016). Pengaruh Nilai pH Terhadap Warna Dari Kayu Secang (*Caesalpinia Sappan* L.) Sebagai Indikator Alami Baru. *Media Medika Muda*, 1(3), 151-156.
- Ji, H., Tang, J., Li, M., Ren, J., Zheng, N., & Wu, L. (2014). Curcumin-loaded Solid Lipid Nanoparticles With Brij78 And TPGS Improved In Vivo Oral Bioavailability and In Situ Intestinal Absorption Of Curcumin. *Drug Delivery*, 23(2), 459-470.
- Kemit, N., Permana, I., & Kencana, P. (2019). Stabilitas Senyawa Flavonoid Ekstrak Daun Alpukat (*Persea americana* Mill.) Terhadap Perlakuan pH Dan Suhu. *Scientific Journal of Food Technology*, 6(1), 34-42.
- Khor, C.M., Ng, W.K., Kanaujia, P., Chan, K.P., Dong, Y. (2017). Hot-melt Extrusion Microencapsulation of Quercetin for Taste-masking. *Journal of Microencapsulation*, 34(1), 29-37. <https://doi.org/10.1080/02652048.2017.1280095>.
- Lestari, T. (2019). Sifat Fisik Serbuk Effervescent Ramuan Jamu Antihipertensi. *Jurnal Kebidanan dan Kesehatan Tradisional*, 4(1), 45-50. <https://doi.org/10.37341/jkkt.v4i1.101>.
- Laokuldilok, N., Thakeow, P., Kopermsub, P., & Utama-ang, N. (2016). Optimisation of Microencapsulation of Turmeric Extract For Masking Flavor. *Food Chemistry*, 194, 695-704.
- Mursalin, M., Nizori, A., & Rahmayani, I. (2019). Sifat Fisiko-Kimia Kopi Seduh Instan Liberika Tungkal Jambi yang Diproduksi Dengan Metode Kokristalisasi. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan*, 3(1), 71-77. <https://doi.org/10.22437/jiituj.v3i1.7344>.
- Nurdjanah, S., Nurainy, F., & Revialdy, R.D. (2014). Sifat Sensory dan Fungsional Beras Analog Dari Campuran Onggok Terfermentasi dan Ketan Hitam. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*, 19(1), 28-41.
- Prakash, B., Kujur, A., Yadav, A., Kumar, A., Singh, P.P., & Dubey, N.K. (2018). Nanoencapsulation: an Efficient Technology to Boost The Antimicrobial Potential of Plant Essential Oils in Food System. *Food Control*, 89, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.01.018>.
- Purbowati, I.S.M., Syamsu, K., Warsiki, E., & Sri, H. (2016). Stabilitas Senyawa Fenolik Dalam Ekstrak dan Nanokapsul Kelopak Bunga Rosella Pada Berbagai Variasi pH, Suhu dan Waktu. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 10(1), 31-40.

- Purnomo, W., Khasanah, L.U., & Anandito, B.K. (2014). Pengaruh Ratio Kombinasi Maltodekstrin, Karagenan dan Whey Terhadap Karakteristik Mikroenkapsulan Pewarna Alami Daun Jati (*Tectona grandis* Lf). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 3(3).
- Rahmasia, R., Sartini, S., & Marzuki, A. (2019). Pengaruh Bahan Tambahan Maltodextrin dan Gom Arab Terhadap Kadar Total Polifenol Dari Ekstrak Teh Hijau (*Camellia Sinensis*) Setelah Penyimpanan. *Majalah Farmasi dan Farmakologi*, 23(1), 21–24.
- Rina, O. (2017). Eksplorasi Bahan Pewarna Alami sebagai Bahan Tambahan Pangan yang Aman dan Memiliki Bioaktivitas bagi Kesehatan. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian*. Lampung: 7 September 2017. <https://doi.org/10.25181/prosemnas.v0i0.843>.
- Romantika, R.C., Wijana, S., & Perdani, C.G. (2017). Formulasi dan Karakteristik Tablet Effervescent Jeruk Baby Java (*Cytrus sinensis* L. Osbeck) Kajian Proporsi Asam Sitrat. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 6(1), 15-21.
- Rumayati, N.I., & Destiarti, L. (2014). Uji Aktivitas Antioksidan, Total Fenol dan Toksisitas dari Ekstrak Daun dan Batang Lakum (*Cayratia trifolia* (L) Domin). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 3(3). 30-35.
- Sari, D.N., & Azizah, A.. (2021). Pembuatan Minuman Instan Effervescent Daun Pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urban) Dengan Penambahan Effervescent Mix. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 9(4), 216–226. <https://doi.org/10.21776/ub.jp.a.2021.009.04.3>.
- Sari, D.Y., Widiyantoro, A., & Alimuddin, A.H. (2018). Isolasi Brazilin Dari Kayu Secang (*Caesalpinia sappan* L.) dan Formulasinya Untuk Lipstik Batang. *Jurnal Ilmu Dan Terapan Kimia*, 3(1), 1-15.
- Seifter, J.L. (2014). Integration Of Acid–Base and Electrolyte Disorders. *New England Journal of Medicine*, 371(19),1821–1831. 10.1056/NEJMra1215672.
- Shaikh, J., Ankola, D.D., Beniwal, V., Singh, D., & Kumar, M.R. (2009). Nanoparticle Encapsulation Improves Oral Bioavailability of Curcumin by at Least 9-Fold When Compared to Curcumin Administered With Piperine as Absorption Enhancer. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 37(3-4), 223-230. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2009.02.019>.
- Siregar, T.M., Eveline, E., & Jaya, F.A. (2015). Kajian Aktivitas dan Stabilitas Antioksidan Ekstrak Kasar Bawang Daun (*Allium fistulosum* L.). *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, Bandung: 22-23 April 2015. Hal. 36-43.
- Sulisyawati, F. (2022). Penerapan Metode Enkapsulasi dalam Pembuatan Minuman Serbuk Sari Buah Terong Belanda (*Solanum betaceum*). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 2(7), 20-27.
- Wijayanti, R. & Anggia, M. (2020), Analisis Kadar Kafein, Antioksidan dan Mutu Bubuk Kopi Beberapa Industri Kecil Menengah (IKM) di Kabupaten Tanah Datar. *JTIHP*. 25(1), 1-6.
- Wiratara, P.R.W., & Ifadah, R.A. (2022). Karakteristik Teh Herbal Daun Kalistemon (*Melaleuca viminalis*) Berdasarkan Variasi Suhu dan Waktu Pengeringan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 14(1), 16–22. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v14i1.21196>.
- Wiriani, D., Julianti, E., & Sinaga, H. (2020). Karakteristik Fisik dan Kimia Mikroenkapsulan Antosianin Dari Limbah Cair Pengolahan Pati Ubi Jalar Ungu. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*, 25(2), 98-109.
- Xie, X., Tao, Q., Zou, Y., Zhang, F., Guo, M., & Wang, Y. (2011). PLGA Nanoparticles Improve The Oral Bioavailability of Curcumin in Rats: Characterizations And Mechanisms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(17), 9280-9289.
- Yunilawati, R., Yemirta, Y., Cahyaningtyas, A.A., Aviandharie, S.A., Hidayati, N., & Rahmi, D. (2018). Optimasi Proses Spray Drying Pada Enkapsulasi Antosianin Ubi Ungu. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 40(1), 17-24. <https://doi.org/10.24817/jkk.v40i1.3761>
- Yudhayanti, P.E., Permana, I.D.G.M., & Nocianitri, K.A. (2020). Stabilitas Ekstrak *Black Garlic* Pada Pemanasan Berbagai pH dan Suhu. *Media Ilmiah Teknologi Pangan*, 7(1), 17-26.