p-ISSN: 1907-8056
e-ISSN: 2527-5410
AGROINTEK
Jurnal Teknologi Industri Pertanian
journal homepage: journal.trunojoyo.ac.id/agrointek

Peningkatan stabilitas warna dan sifat antioksidan pasta pandan dengan pembentukan kompleks zn-klorofil

Zahrotul Umah Fifin Afifah, Miftahul Nikmah, Yuli Perwita Sari, Chatarina Lilis Suryani*

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Mercu Buana Yogyakarta, Indonesia

Article history
Diterima:
4 Desember 2024
Diperbaiki:
12 Juni 2025
Disetujui:
24 Juni 2025

Keyword
Antioxidant;
Color Stability;
Gum arabic;
Pandan paste;
Zn-Chlorophyll;

ABSTRACT

The heating process in processing pandan leaves into pandan paste results in chlorophyll degradation. Increasing the stability of chlorophyll can be done by forming a metallochlorophyll complex with a more stable metal such as Zn. The success of Zn-chlorophyll formation is also influenced by adding fillers to protect the chlorophyll compounds. This research aims to determine the effect of varying the concentration of $ZnCl_2$ reagent and the addition of gum arabic on chlorophyll content, physical properties, and color stability of pandan paste as a natural dye. The method for making pandan paste is sorting, crushing, extraction with $ZnCl_2$ (0, 500, 750, and 1000 ppm) and adding gum arabic as a filler (20, 25, and 30%). The resulting pandan paste was analyzed for chlorophyll content, color, total phenolic and flavonoid content, and radical scavenging activity. The design used in this research was a Completely Randomized Design (CRD) with two factors. The data obtained was analyzed for variance, and if it had a natural effect, the DMRT test was continued. The results showed that variations in the concentration of reagents and fillers significantly affected chlorophyll content, color, total phenolic and flavonoid content, and radical scavenging activity. The best pandan paste can be produced with a $ZnCl_2$ reagent concentration of 500 ppm with the addition of 25% gum arabic with a chlorophyll content of 117.69 mg/g, green color intensity -1.91 and color stability level 1.85, total phenolic content 698.34 mg GAE/100 g db, total flavonoid content 43.83 mg QE/ 100 g db, and radical scavenging activiy 77.31%. Based on the results, knows that metallochlorophyll complex with $ZnCl_2$ reagent and the addition of gum arabic can stabilize the color and antioxidant properties of pandan paste so that it has the potential for natural colorant.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi
Email : chlilis@mercubuana-yogya.ac.id
DOI 10.21107/agrointek.v20i3.28233

PENDAHULUAN

Pewarna merupakan salah satu bahan aditif makanan yang paling banyak digunakan karena warna makanan merupakan karakteristik pertama yang dipertimbangkan oleh konsumen dalam pembelian maupun konsumsi makanan (Su and Wang 2024). Secara umum, pewarna makanan dibagi dalam dua kelompok, yakni pewarna alami dan pewarna buatan yang dikenal sebagai pewarna sintetis. Pewarna alami berasal dari bahan alami, misalnya dari tanaman seperti daun pandan, daun suji, atau kunyit. Sedangkan pewarna buatan atau sintesis adalah pewarna yang dibuat melalui rangkaian sintesis kimia berbahan baku kimia (Solymosi et al. 2015; Dey and Nagababu 2022).

Pewarna sintetis lebih banyak digunakan dalam pengolahan pangan secara komersial. Hal ini karena penggunaan pewarna sintetis menghasilkan warna yang lebih stabil dan tajam dibanding dibandingkan dengan pewarna alami. Akan tetapi saat ini,, saat ini kesadaran konsumen akan arti penting keamanan pangan dan kesehatan telah meningkat sehingga produk dengan pewarna alami lebih diminati oleh masyarakat luas (Yunisa 2023). Salah satu sumber pewarna hijau alami yang umum digunakan di Indonesia adalah daun pandan. Hal ini karena kandungan klorofil daun pandan tinggi (Minh et al. 2019). Namun, penggunaan klorofil daun pandan secara komersial sebagai pewarna pangan olahan sangat terbatas jumlahnya karena stabilitasnya sangat rendah. Menurut Suryani et al. (2023) klorofil mudah terdegradasi oleh panas, asam, cahaya, dan enzim. Akibat panas, cahaya atau asam, klorofil akan melepaskan ion Mg^{2+} dan membentuk feofitin yang berwarna cokelat kekuningan. Oleh karena itu, untuk meningkatkan pemanfaatan klorofil daun pandan, perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan stabilitas klorofil.

Peningkatan stabilisasi klorofil dapat dilakukan dengan penggantian ion Mg^{2+} yang terikat pada pusat klorofil dengan ion logam yang mampu membentuk kompleks yang lebih stabil seperti Cu atau Zn. Penelitian sebelumnya menggunakan logam Cu untuk membentuk Cu-choropyllinCu-chlorophyllin yang lebih stabil, namun berbagai penelitian menunjukkan bahwa asupan Cu dapat mengakibatkan toksisitas (Rahimzadeh et al. 2024). Selain itu berdasarkan ketentuan WHO, batas konsumsi Zn per hari lebih tinggi (ADI 45 mg per hari) dibanding logam Cu (ADI 10 mg per hari). Oleh karena itu, dalam penelitian ini dipilih logam Zn sebagai reagen pembentuk kompleks Zn-klorofil. Diketahui bahwa pembentukan *metallochlorophyll* dengan ion Zn^{2+} pada ekstrak klorofil daun pandan dapat meningkatkan stabilitas warna hijau ekstrak (Fathurrohmah et al. 2023). Kang et al. (2019) juga menyebutkan bahwa pembentukan kompleks Zn-klorofil yang dilanjutkan dengan mikroenkapsulasi dengan gum arab dapat meningkatkan stabilitas warna bubuk klorofil.

Salah satu keunggulan lain dari pewarna makanan alami dari ekstrak klorofil daun pandan adalah kemampuannya dalam menangkal radikal bebas. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ektraks ekstrak klorofil daun pandan yang juga mengandung komponen fenolik dan flavonoid mempunyai daya tangkap radikal DPPH yang lebih tinggi (76±2,77%) dibanding dibandingkan dengan fraksi klorofilnya saja (67,82±2,56%) (Suryani et al. 2020). Kedua senyawa tersebut, fenolik dan flavonoid, dapat meningkatkan aktivitas antioksidan ekstrak sehingga diharapkan dapat meningkatkan manfaatnya bagi kesehatan dan kemampuannya dalam mencegah oksidasi lemak pada produk pangan, serta dapat mendukung klaim fungsional produk (Shahidi and Ambigaipalan 2015; Guneidy et al. 2022) Salah satu uji aktivitas antioksidan yang paling banyak digunakan adalah daya tangkap radikal DPPH. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan pengujian daya tangkap radikal DPPH serta analisis kadar fenolik dan flavonoid total.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi larutan $ZnCl_2$ sebagai medium ekstraksi dan penambahan gum arab terhadap kadar klorofil, warna, kadar fenolik dan flavonoid total, serta daya tangkap radikal DPPH pasta pandan. Selain itu juga untuk menghasilkan produk pasta pandan yang memiliki stabilitas warna yang tinggi.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun pandan segar dari Kecamatan Pandak, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Spektrofotometer UV-VIS merek Thermo Fisher Scientific, dan Colorimeter NH300.

Cara Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu pemanenan dan sortasi daun pandan, proses ekstraksi, pembentukan kompleks Zn-klorofil, dan pembuatan pasta pandan.

Pemanenan dan Sortasi Daun Pandan

Pemanenan daun dilakukan sesuai prosedur Suryani et al. (2020). Daun pandan diplih yang mempunyai kadar klorofil tertinggi yaitu daun pada ruas no 12-18 dan disortasi untuk menghilangkan daun rusak dan kotoran lainnya.

Proses Ekstraksi Klorofil dan Pembentukan Kompleks Zn-klorofil

Ekstraksi klorofil dilakukan dengan mengacu pada penelitian Fathurrohmah et al. (2023). Daun pandan terpilih dicuci, dipotong-potong dengan panjang 2 cm, ditimbang sebanyak 100 g untuk masing-masing perlakuan dan dihancurkan dengan alat blender dalam medium larutan $ZnCl_2$ pada berbagai variasi konsentrasi (0, 500, 750, dan 1000 ppm). Perbandingan antara daun pandan dengan larutan $ZnCl_2$ adalah 100 g : 300 ml. Bubur daun pandan yang diperoleh kemudian disaring dengan kain saring. Kemudian, ekstrak klorofil daun pandan dalam pelarut $ZnCl_2$ yang diperoleh dipanaskan pada suhu 110 °C selama 15 menit dalam autoklaf. Proses pemanasan bertujuan untuk meningkatkan proses pembentukan kompleks antara Zn dan klorofil (Suryani et al. 2023).

Pembuatan Pasta Pandan

Pembuatan pasta pandan dilakukan sesuai metode Wijaya et al. (2024). Proses pembuatan diawali dengan penambahan bahan pengisi, gum arab (Kang et al. 2019). Ekstrak Zn-klorofil dicampur dengan gum arab dengan variasi 20, 25, dan 30% dan diaduk. Kemudian dipanaskan pada suhu 100 °C selama 30 menit sambil diaduk secara manual hingga terbentuk gel.

Analisis Kadar Klorofil

Pengukuran kadar klorofil total dilakukan dengan metode Vernon (Suryani et al. 2020). Pasta pandan ditimbang dengan akurat sebanyak 0,1 g kemudian sampel diekstraksi dengan 4 ml aseton 80%, kemudian disentrifugasi pada 4000 rpm selama 15 menit. Difiltrasi dengan kertas Whatman no 42, filtrat dimasukkan dalam labu ukur 10 ml ditambah dengan aseton 80% sampai tanda. Kemudian nilai absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada λ 663 nm (A_{663}) dan 645 nm (A_{645}). Kadar klorofil total (TCC) dihitung dengan Persamaan (1) berikut:

$$TCC\left(\frac{mg}{g}\right) = (20{,}2A_{645} + 8{,}02A_{663})X\frac{FP}{1000} \quad (1)$$

FP adalah faktor pengenceran.

Uji Intensitas Warna

Intensitas warna diukur dengan alat colorimeter menggunakan sistem warna Hunter (Sobota et al. 2020). Pengukuran warna pasta pandan dilakukan dengan menggunakan alat colorimeter tipe NH300 dengan berat 500 g dan dimensi 205 × 70 × 100 mm. Pengukuran warna sampel menggunakan sistem warna L, a, b. Nilai L (*lightness*) yang menunjukkan tingkat kecerahan bahan, nilai a* (+ *redness* dan - *greenness*) menunjukkan intensitas warna merah (+) atau warna hijau (-), sedangkan b* (+ *yellowness* dan - *blueness*) menunjukkan intensitas warna kuning (+) atau biru (-). Sampel pasta pandan dimasukkan ke dalam botol transparan jernih, kemudian ditera warnanya dengan kolorimeter. Pengukuran dilakukan dengan tiga kali ulangan.

Uji Stabilitas Warna

Pengujian stabilitas warna dilakukan dengan metode Ngamwonglumlert et al. (2017) dengan parameter warna pasta pandan yang diukur adalah intensitas warna L, a, b dengan alat colorimeter. Intensitas warna pasta pandan diukur sebelum dan sesudah perlakuan pemanasan dengan alat oven pada suhu 50 °C selama 24 jam dengan berat masing-masing sampel 2 g dengan tiga kali ulangan perlakuan. Tingkat perubahan warna ΔE dihitung dengan Persamaan (2).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2}} \quad (2)$$

Analisis Kadar Fenolik

Pengujian kadar fenolik total menggunakan metode Folin-Ciocalteu. Prinsip dari metode ini adalah reaksi oksidasi senyawa fenol dalam suasana basa oleh pereaksi Folin-Ciocalteu yang akan menghasilkan kompleks berwarna biru dan absorbansinya diukur pada λ 760 nm. Peningkatan intensitas warna biru sebanding dengan jumlah senyawa fenolik dalam sampel (Kupina et al. 2019). Kadar fenolik total dihitung dengan menggunakan standar asam galat dan dihitung

sebagai mg ekivalen asam galat per 100 g bahan kering (mg EAG/100 g bk).

Analisis Kadar Flavonoid Total

Kadar flavonoid total ditentukan dengan metode Ayele et al. (2022). Pertama dilakukan ekstraksi pasta pandan, sampel ditimbang sebanyak 1 g, ditambah 10 ml metanol 80%, dihomogenisasi, selanjutnya disaring menggunakan kertas saring Whatman no 42, dan diatur volumenya hingga mencapai 10 ml. Ekstrak yang diperoleh diambil 50 µl, ditambah akuades 4 ml dan 0,3 ml $NaNO_2$ 10%. Setelah didiamkan 6 menit, selanjutnya ditambah 0,3 ml $AlCl_3$ 10% dan didiamkan 5 menit, kemudian ditambah 4 ml NaOH 10%. Selanjutnya ditambah akuades (sampai keseluruhan volume 10 ml), dihomogenisasi dengan vortex selama 1 menit, dan dibiarkan 15 menit. Absorbansi diukur pada λ 510 nm. Blanko yang digunakan adalah akuades. Kadar flavonoid total dihitung dengan menggunakan standar kuersetin dengan konsentrasi 1,25-80 mg/L dan dihitung sebagai mg ekivalen kuersetin per 100 g bahan kering (mg EK/100 g bk).

Uji Daya Tangkap Radikal DPPH

Daya tangkap radikal bebas DPPH (RSA) diukur dengan metode Kang et al. (2018). Ekstrak metanol pasta pandan (seperti pada analisis total fenolik) diambil sebanyak 0,2 ml, ditambah 3,8 ml larutan DPPH 0,1 mM dalam pelarut metanol, dicampur dengan vorteks selama 1 menit, kemudian filtrat yang dihasilkan diinkubasi di ruang gelap pada suhu kamar selama 30 menit. Sampel ekstrak diganti dengan metanol sebagai sampel tanpa ekstrak. Setelah inkubasi, absorbansi filtrat ditera dengan spektrofotometer UV-Vis pada λ 515 nm. Data yang diperoleh adalah Ao (absorbansi DPPH sampel tanpa ekstrak), As (absorbansi sampel ekstrak yang ditambah DPPH), dan Ab (absorbansi sampel ekstrak tanpa ditambah DPPH). *Radical Scavenging Activity* (RSA) dinyatakan dalam persen (%). Nilai RSA menunjukkan kemampuan sampel dalam pemucatan DPPH dan dihitung dengan Persamaan (3).

$$RSA\ (\%) = \left[\frac{\mathrm{Ao} - (\mathrm{As} - Ab)}{\mathrm{Ao}}\right] \times 100 \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar klorofil

Interaksi antara variasi konsentrasi $ZnCl_2$ dan penambahan bahan penyalut gum arab berpengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap kadar klorofil total pasta pandan (Tabel 1). Kadar klorofil total tertinggi terdapat pada pasta pandan dengan penambahan konsentrasi $ZnCl_2$ 750 ppm dan 1000 ppm dengan penambahan bahan penyalut gum arab 30% sebesar 123,72 mg/g pasta pandan. Penambahan Zn mampu mencegah kerusakan klorofil karena terjadi kompleks metalloklorofil yang dapat mencegah degradasi klorofil yang dapat mengakibatkan perubahan warna hijau menjadi kuning-kecoklatan (Mohd-Amin et al., 2023). Demikian pula, penambahan penyalut gum arab juga berpengaruh terhadap kadar klorofil total pasta pandan. Semakin besar penambahan gum arab stabilitas klorofil juga semakin besar. Menurut Valiathan and Athmaselvi (2018) dan Kang et al. (2019) gum arab cocok digunakan sebagai penyalut klorofil.

Warna pasta pandan

Semakin besar konsentrasi $ZnCl_2$ maka semakin rendah tingkat kecerahan (*L) pasta pandan yang dihasilkan (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa lebih banyak terjadi kompleks Zn-klorofil, sehingga warna klorofil lebih hijau. Sebaliknya, pada konsentrasi $ZnCl_2$ 0 ppm, tingkat kecerahan pasta pandan lebih tinggi, berkisar antara 33,43 hingga 34,79 yang menunjukkan bahwa warna pasta pandan lebih cerah. Hal ini karena terjadi degradasi klorofil menjadi feofitin yang memiliki warna hijau kekuningan. Degradasi klorofil menjadi feofitin mengakibatkan perubahan warna dari hijau menjadi hijau kekuningan (Santoso 2023).

Semakin besar konsentrasi $ZnCl_2$ dan penambahan gum arab maka pasta pandan yang dihasilkan semakin hijau (Tabel 3). Pada konsentrasi $ZnCl_2$ 500 ppm dengan penambahan gum arab 30 % dan pada konsentrasi $ZnCl_2$ 500 dan 1000 ppm dihasilkan intensitas warna hijau yang tinggi (-2,65 hingga -2,03). Hal ini sesuai dengan pendapat Moeen-ud-din et al. (2024) bahwa pergantian ion Mg^{2+} dengan ion yang afinitas ikatannya lebih kuat seperti Zn mampu mengembalikan warna hijau turunan klorofil (*regreening effect*). Jika tanpa penambahan $ZnCl_2$ (0 ppm) maka pengolahan pasta pandan dengan suhu tinggi lebih dari 42,5°C mengakibatkan degradasi klorofil sehingga terjadi penurunan

intensitas warna hijau (Sowndhararajan et al., 2016). Sebaliknya, ekstraksi klorofil dengan media pelarut $ZnCl_2$ mampu mempertahankan warna hijau karena peristiwa *regreening effect*. Semakin besar konsentrasi $ZnCl_2$ maka semakin tinggi intensitas warna hijau, namun jika lebih dari 750 ppm sudah tidak berbeda nyata. Hasil tersebut sesuai dengan hasil analisis kadar klorofil pada Tabel 1. Hal ini karena kemampuan membentuk kompleks Zn-klorofil terbatas. Secara teoritis, ion Zn^{2+} yang mampu diikat oleh klorofil adalah 7% (70 mg/g) dari berat klorofil a dan 6,89% (68,9 mg/g) dari berat klorofil b (Suryani et al. 2023).

Stabilitas Warna

Penambahan $ZnCl_2$ dan bahan penyalut gum arab berpengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap stabilitas warna pasta pandan yang dihasilkan (Tabel 4). Semakin besar konsentrasi $ZnCl_2$ dan penambahan gum arab menghasilkan warna pasta pandan yang semakin stabil.Hal ini ditunjukkan pada konsentrasi $ZnCl_2$ 750 ppm dengan gum arab 30% dan 1000 ppm dengan gum arab 25% dan 30% yang mempunyai nilai ΔE* yang semakin kecil, yang berarti stabilitas warna pasta pandan semakin tinggi.

Menurut Hosseini et al. (2023) penggunaan gum arab sebagai bahan pengisi dapat melindungi senyawa aktif seperti klorofil. Hal ini diperkuat oleh penelitian Tchinda et al. (2023) yang menunjukkan bahwa penambahan gum arab pada buah pisang mampu menghambat proses metabolisme terkait degradasi pigmen. Dalam penelitian ini juga ditunjukkan bahwa semakin besar persentase penambahan gum arab, semakin stabil warna pasta pandan yang dihasilkan. Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa pada konsentrasi $ZnCl_2$ 1000 ppm dengan penambahan gum arab 20% dan 30%, dan pada konsentrasi $ZnCl_2$ 750 ppm dengan penambahan gum arab 30% didapatkan nilai ΔE yang paling rendah, yaitu berturut-turut 1,36; 1,68; dan 1,26.

Tabel 1 Kadar klorofil total pasta pandan (mg/g) pada berbagai konsentrasi $ZnCl_2$ dan penambahan gum arab

Penambahan gum arab (%)	Konsentrasi $ZnCl_2$ (ppm)			
	0	500	750	1000
20	$104,80^{a}$±0,01	$116,09^{c}$±0,01	$118,49^{d}$±0,01	$121,32^{e}$±0,01
25	$112,85^{b}$±0,01	$117,69^{d}$±1,29	$118,70^{d}$±1,43	$120,51^{e}$±0,01
30	$113,67^{b}$±0,57	$118,09^{d}$±0,57	$123,72^{f}$±0,01	$123,72^{f}$±0,01

Keterangan : Nilai mean ± standar deviasi diikuti dengan huruf kecil yang berbeda (a-e) menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$).

Tabel 2 Tingkat kecerahan pasta pandan (L*) pada berbagai konsentrasi $ZnCl_2$ dan penambahan gum arab

Penambahan gum arab (%)	Konsentrasi $ZnCl_2$ (ppm)			
	0	500	750	1000
20	$34,79^{d}$ ± 0,05	$32,57^{b}$ ± 0,21	$32,25^{b}$ ± 0,40	$31,08^{a}$ ± 0,01
25	$34,50^{d}$ ± 0,34	$33,49^{c}$ ± 0,28	$33,38^{c}$ ± 0,25	$32,64^{b}$ ± 0,09
30	$33,43^{c}$ ± 0,23	$31,47^{a}$ ± 0,41	$32,28^{b}$ ± 0,04	$32,64^{b}$ ± 0,19

Keterangan : Nilai mean ± standar deviasi diikuti dengan huruf kecil yang berbeda (a-d) menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$).

Tabel 3 Intensitas warna hijau (-a*) pasta pandan pada berbagai konsentrasi $ZnCl_2$ dan penambahan gum arab

Penambahan gum arab (%)	Konsentrasi $ZnCl_2$ (ppm)			
	0	500	750	1000
20	$-0,86^{d}$ ± 0,01	$-1,91^{c}$ ± 0,08	$-2,25^{b}$ ± 0,16	$-2,51^{b}$ ± 0,08
25	$-0,96^{d}$ ± 0,04	$-1,91^{c}$ ± 0,03	$-2,27^{b}$ ± 0,10	$-2,03^{c}$ ± 0,02
30	$-0,88^{d}$ ± 0,05	$-2,65^{a}$ ± 0,06	$-2,29^{b}$ ± 0,06	$-2,56^{ab}$ ± 0,04

Keterangan : Nilai mean ± standar deviasi diikuti dengan huruf kecil yang berbeda (a-d) menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$).

Tabel 4 Tingkat perubahan warna pasta pandan (ΔE) pada berbagai konsentrasi $ZnCl_2$ dan penambahan gum arab selama pemanasan pada suhu 50°C selama 24 jam

Penambahan gum arab (%)	Konsentrasi $ZnCl_2$ (ppm)			
	0	500	750	1000
20	$1,32^{ab} \pm 0,18$	$2,58^{e} \pm 0,43$	$2,82^{e} \pm 0,07$	$2,75^{e} \pm 0,18$
25	$1,13^{a} \pm 0,08$	$1,85^{cd} \pm 0,11$	$2,64^{e} \pm 0,34$	$1,36^{ab} \pm 0,08$
30	$1,63^{bc} \pm 0,41$	$2,10^{d} \pm 0,31$	$1,26^{ab} \pm 0,14$	$1,68^{bcd} \pm 0,13$

Keterangan : Nilai mean ± standar deviasi diikuti dengan huruf kecil yang berbeda (a-e) menunjukkan perbedaan yang signifikan (P < 0,05).

Tabel 5 Kadar fenolik total pasta pandan (mg EAG/100 g bk) pada berbagai konsentrasi $ZnCl_2$ dan penambahan gum arab

Penambahan gum arab (%)	Konsentrasi $ZnCl_2$ (ppm)			
	0	500	750	1000
20	$524,00^{a} \pm 24,25$	$554,17^{ab} \pm 42,89$	$611,08^{abc} \pm 9,37$	$733,15^{ef} \pm 14,71$
25	$633,58^{cd} \pm 55,51$	$698,34^{def} \pm 52,66$	$661,01^{cde} \pm 21,28$	$647,34^{cd} \pm 14,36$
30	$602,84^{bc} \pm 36,58$	$776,82^{f} \pm 15,95$	$711,25^{def} \pm 44,85$	$748,73^{ef} \pm 38,32$

Keterangan : Nilai mean ± standar deviasi diikuti dengan huruf kecil yang berbeda (a- f) menunjukkan perbedaan yang signifikan (P < 0,05).

Tabel 6 Kadar flavonoid total pasta pandan (mg EK/100 g bk) pada berbagai konsentrasi $ZnCl_2$ dan penambahan gum arab

Penambahan gum arab (%)	Konsentrasi $ZnCl_2$ (ppm)			
	0	500	750	1000
20	$38,52^{a} \pm 0,81$	$41,34^{b} \pm 0,88$	$44,10^{c} \pm 0,69$	$51,10^{d} \pm 1,07$
25	$37,62^{a} \pm 0,10$	$43,83^{c} \pm 0,45$	$45,23^{c} \pm 0,67$	$53,56^{e} \pm 1,64$
30	$39,19^{a} \pm 0,36$	$44,16^{c} \pm 0,11$	$51,47^{d} \pm 0,77$	$54,29^{e} \pm 1,76$

Keterangan : Nilai mean ± standar deviasi diikuti dengan huruf kecil yang berbeda (a-e) menunjukkan perbedaan yang signifikan (P < 0,05).

Tabel 7 Daya tangkap radikal pasta pandan (%) pada berbagai konsentrasi $ZnCl_2$ dan penambahan gum arab

Penambahan gum arab (%)	Konsentrasi $ZnCl_2$ (ppm)			
	0	500	750	1000
20	$73,58^{a} \pm 0,21$	$76,39^{c} \pm 0,00$	$76,42^{cd} \pm 0,15$	$76,42^{cd} \pm 0,37$
25	$74,39^{a} \pm 0,20$	$77,31^{d} \pm 0,25$	$76,56^{cd} \pm 0,65$	$76,79^{cd} \pm 0,08$
30	$75,38^{b} \pm 0,12$	$76,19^{bc} \pm 0,12$	$76,79^{cd} \pm 0,08$	$76,85^{cd} \pm 0,08$

Keterangan : Nilai mean ± standar deviasi diikuti dengan huruf kecil yang berbeda (a-d) menunjukkan perbedaan yang signifikan (P < 0,05).

Akan tetapi, pada konsentrasi 0 ppm, hasil penelitian juga menunjukkan nilai ΔE yang cenderung kecil, yang berarti stabilitas warnanya juga tinggi. Hal ini karena selama pengolahan pasta pandan dengan konsentrasi $ZnCl_2$ 0 ppm pada suhu 100-110°C telah banyak terjadi degradasi klorofil yang membentuk feofitin yang memiliki warna hijau kekuningan. Akibatnya, selama proses pengujian tidak banyak terjadi degradasi klorofil sehingga warna pasta pandan tetap kekuningan dan perubahan warna atau nilai ΔE relatif kecil. Hal ini sejalan dengan penelitian Aamir et al. (2014) yang menyatakan bahwa pada suhu >75°C, enzim klorofilase akan aktif memecah rantai fitol dan melepas Mg membentuk feofitin. Selain itu, stabilitas pigmen klorofil juga dipengaruhi oleh suhu dan cahaya (Lien, 2016) dan memiliki stabilitas yang lebih baik pada pH yang lebih tinggi (Singh et al. 2015).

Kadar fenolik total

Interaksi antara variasi konsentrasi $ZnCl_2$ dengan persentase penambahan bahan penyalut gum arab berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap kadar fenolik total pasta pandan (Tabel 5). Kadar fenolik total tertinggi terdapat pada pasta pandan

dengan penambahan konsentrasi $ZnCl_2$ sebanyak 500 ppm dengan penambahan bahan penyalut gum arab 20% sebesar 776,82 mg GAE/100 g bk, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan 750 ppm dan 30%, 1000 ppm dengan gum arab 20 dan 30%. Hal ini karena kemampuan mengikat logam Zn dari klorofil, fenolik maupun flavonoid terbatas sehingga peningkatan konsentrasi $ZnCl_2$ tidak akan berpengaruh secara signifkan (Fathurrohmah et al. 2023).

Penambahan bahan penyalut gum arab juga berpengaruh terhadap kadar fenolik total pasta pandan. Gum arab memiliki sifat dapat membentuk tekstur, membentuk film, menjadi pengikat, dan menjadi pengemulsi yang baik serta dapat membentuk lapisan yang dapat melindungi material inti produk dari proses destruktif (Kania et al. 2015). Berdasarkan hasil penelitian Šturm et al. (2019) diketahui bahwa penggunaan gum arab pada ekstrak propolis yang mengandung fenolik tinggi lebih efektif dalam mencegah degradasi fenolik dibandingkan dengan maltodekstrin atau inulin.

Kadar flavonoid total

Interaksi antara berbagai konsentrasi $ZnCl_2$ sebagai media ekstraksi dan variasi penambahan bahan penyalut gum arab berpengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap kadar flavonoid pasta pandan (Tabel 6). Kadar flavonoid tertinggi terdapat pada pasta pandan dengan penambahan konsentrasi $ZnCl_2$ sebanyak 1000 ppm dan penambahan bahan penyalut gum arab 25% dan 30% yaitu sebesar 53,56 dan 54,29 mg EK/100 g bk. Penambahan $ZnCl_2$ sebagai medium ekstraksi pasta pandan mampu meningkatkan kadar flavonoid pasta pandan. Reagen $ZnCl_2$ yang ditambahkan pada pasta pandan akan membentuk kompleks Zn-klorofil dan mampu meningkatkan stabilitas senyawa fenolik dan flavonoid. Awosusi et al., (2017) melaporkan bahwa pemberian Zn pada tanaman bunga *Galanthus elwesii* berkontribusi dalam peningkatan kadar fenolik total dan flavonoid.

Daya tangkap radikal pasta pandan

Variasi konsentrasi $ZnCl_2$ dan penambahan bahan penyalut gum arab berpengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap daya tangkap radikal DPPH pasta pandan (Tabel 7). Daya tangkap radikal tertinggi terdapat pada pasta pandan dengan penambahan konsentrasi $ZnCl_2$ 500 ppm dengan penambahan bahan penyalut gum arab 25% sebesar 77,31%. Pasta pandan tanpa penambahan $ZnCl_2$ memiliki daya tangkap radikal lebih rendah dibandingkan dengan pasta pandan dengan penambahan $ZnCl_2$. Menurut Mohd-Amin et al., (2023) kandungan antioksidan berhubungan dengan perlakuan penambahan logam. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Chen and Roca (2019) bahwa turunan klorofil bebas logam seperti feofitin dan feoforbid menunjukkan kapasitas antiradikal yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan klorofil dan turunannya yang masih mengikat logam. Zn dapat meningkatkan aktivitas antioksidan baik secara langsung maupun tidak langsung dengan cara menstabilkan komponen antioksidan (Kataba et al. 2021). Selain itu, daya tangkap radikal pasta pandan tanpa penambahan $ZnCl_2$ yang rendah disebabkan oleh penurunan kadar fenolik dan flavonoid total (Tabel 5 dan 6). Flavonoid merupakan senyawa yang sangat sensitif terhadap kondisi lingkungan seperti suhu, oksigen, cahaya, dan pH yang dapat menyebabkan degradasi dan perubahan struktur senyawa antioksidan yang menyebabkan penurunan aktivitas antioksidan (Mahardani and Yuanita, 2021).

Daya tangkap radikal DPPH pasta pandan juga dipengaruhi oleh bahan penyalut yang digunakan. Daya tangkap radikal DPPH tertinggi dihasilkan oleh pasta pandan dengan konsentrasi $ZnCl_2$ 500 ppm dan penambahan gum arab 25% dengan nilai aktivitas antioksidan sebesar 77,31%. Hal ini sesuai dengan kadar fenolik total yang juga terbaik karena pada perlakuan dengan konsentrasi $ZnCl_2$ lebih dari 500 ppm dan penambahan gum arab lebih dari 25% peningkatan kadar fenolik total tidak berbeda nyata (Tabel 5). Gum arab dapat mempertahankan aktivitas antioksidan pasta pandan karena perannya sebagai penyalut produk agar tidak terpapar langsung oleh udara yang dapat meningkatkan reaksi oksidasi dan meningkatkan degradasi senyawa bioaktif sehingga menghasilkan aktivitas antioksidan yang lebih rendah (Kamel et al. 2024), namun jika penambahannya berlebihan juga akan menurunkan proporsi antiokidan dalam pasta pandan.

KESIMPULAN

Penggunaan larutan $ZnCl_2$ sebagai medium ekstraksi klorofil pandan dan penambahan gum arab sebagai bahan penyalut dalam pembuatan pasta pandan dapat meningkatkan stabilitas klorofil, kadar fenolik dan flavonoid total, serta daya tangkap radikal DPPH. Semakin besar

konsentrasi $ZnCl_2$ dan penambahan gum arab, maka kadar klorofil, intensitas warna hijau, kadar fenolik dan flavonoid total, serta daya tangkap radikal DPPH juga semakin besar. Namun, pada konsentrasi $ZnCl_2$ lebih dari 500 ppm dan penambahan gum arab lebih dari 25%, peningkatannya tidak berbeda nyata. Pasta pandan terbaik yang dibuat dengan $ZnCl_2$ 500 ppm dan penambahan gum arab 25% mempunyai stabilitas warna dan aktivitas daya tangkap radikal DPPH yang tinggi, sehingga potensial sebagai pewarna alami dan sebagai sumber antioksidan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kemendikbudristek dan Universitas Mercu Buana Yogyakarta yang telah membiayai dan memfasilitasi penelitian ini melalui pendanaan hibah PKM RE tahun 2024 dan dana pendampingan.

DAFTAR PUSTAKA

Aamir, M., M. Ovissipour, B. Rasco, J. Tang, and S. Sablani. 2014. Seasonality of the thermal kinetics of color changes in whole spinach (Spinacia Oleracea) leaves under pasteurization conditions. International Journal of Food Properties 17(9):2012–2024. https://doi.org/10.1080/10942912.2013.779701

Awosusi, A. A., A. Ayeni, R. Adeleke, and M. O. Daramola. 2017. Effect of water of crystallization on the dissolution efficiency of molten zinc chloride hydrate salts during the pre-treatment of corncob biomass. Journal of Chemical Technology and Biotechnology 92(9):2468–2476. https://doi.org/10.1002/jctb.5266

Ayele, D. T., M. L. Akele, and A. T. Melese. 2022. Analysis of total phenolic contents, flavonoids, antioxidant and antibacterial activities of Croton macrostachyus root extracts. BMC Chemistry 16(30):1–9. https://doi.org/10.1186/s13065-022-00822-0

Chen, K., and M. Roca. 2019. Cooking effects on bioaccessibility of chlorophyll pigments of the main edible seaweeds. Food Chemistry 295:101–109. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.092

Dey, S., and B. H. Nagababu. 2022. Applications of food color and bio-preservatives in the food and its effect on the human health. Food Chemistry Advances 1(January):100019. https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100019

Fathurrohmah, N. N., S. T. C. Murti, and C. L. Suryani. 2023. Effect of Zn–chlorophyll Complexes Formation on the Color Stability of Pandan (Pandanus amaryllifolius) Leaf Extract. Food Science and Technology (United States) 11(3):161–167. https://doi.org/10.13189/fst.2023.110304

Guneidy, R. A., E. R. Zaki, A. A. M. Gad, N. S. E. D. Saleh, and A. Shokeer. 2022. Evaluation of Phenolic Content Diversity along with Antioxidant/Pro-Oxidant, Glutathione Transferase Inhibition, and Cytotoxic Potential of Selected Commonly Used Plants. Preventive Nutrition and Food Science 27(3):282–298. https://doi.org/10.3746/pnf.2022.27.3.282

Hosseini, H., V. Noghabi, Pasban, H. Saberian, and S. Jafari, Mahdi. 2023. The influence of different gums compared with surfactants as encapsulating stabilizers on the thermal, storage, and low-pH stability of chlorophyllin. Food Chemistry X(20):101020. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.101020

Kamel, S. M., R. M. Alqurashi, A. M. Alshebly, F. A. Saleh, T. M. Alnemr, H. F. Ali, S. A. Ali, S. A. Asiri, M. E. Ibrahim, and N. K. Alqahtani. 2024. Effect of Drying Method and Coating With Gum Arabic on Physicochemical Properties , Betalain Content, LDL Oxidation, and Storage Stability of Dried Red Beetroot Slices. Journal of Food Processing and Preservation 2024:1–10.

Kang, Y. R., Y. K. Lee, Y. J. Kim, and Y. H. Chang. 2019. Characterization and storage stability of chlorophylls microencapsulated in different combination of gum Arabic and maltodextrin. Food Chemistry 272:337–346. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.063

Kang, Y. R., J. Park, S. K. Jung, and Y. H. Chang. 2018. Synthesis, characterization, and

functional properties of chlorophylls, pheophytins, and Zn-pheophytins. Food Chemistry 245:943–950. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.079

Kania, W., MA. M. Andriani, and Siswanti. 2015. PENGARUH VARIASI RASIO BAHAN PENGIKAT TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK DAN KIMIA GRANUL MINUMAN FUNGSIONAL INSTAN KECAMBAH KACANG KOMAK (Lablab purpureus (L.) sweet). Jurnal Teknosains Pangan.

Kataba, A., S. M. M. Nakayama, Y. B. Yohannes, H. Toyomaki, H. Nakata, Y. Ikenaka, and M. Ishizuka. 2021. Effects of zinc on tissue uptake and toxicity of lead in sprague dawley rat. Journal of Veterinary Medical Science 83(11):1674–1685. https://doi.org/10.1292/jvms.20-0684

Kupina, S., C. Fields, C. Roman, M, and L. Brunelle, S. 2019. Determination of Total Phenolic Content Using the Folin-C Assay: Single-Laboratory Validation, First Action 2017.13. Journal of AOAC International 102(1):320–321. https://doi.org/10.5740/jaoacint.2017.13

Lien, D, T, P. 2016. Kinetic of chlorophyll degradation and color change in bitter gourd during heat treatment. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology 5(4):616–622.

Mahardani, O. T., and L. Yuanita. 2021. Efek metode pengolahan dan penyimpanan terhadap kadar senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan. UNESA Journal of Chemistry 10(1):64–78.

Minh, N. P., T. T. Vo, L. Van Man, T. D. Phong, N. Van Toan, and V. H. Nam. 2019. Green Pigment Extraction from Pandan (Pandanus Amaryllifolius) and its Application in Food Industry. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research 11(3):925–929.

Moeen-ud-din, M., S. Wang, S. Yang, and J. Wang. 2024. The combined effects of copper and zinc on Arabidopsis involve differential regulation of chlorophyll synthesis and photosystem function. Plant Physiology and Biochemistry 216(November 2024):1–6.

Mohd Amin, S. F., R. Karim, Y. A. Yusof, and K. Muhammad. 2023. Effects of Metal Concentration, pH, and Temperature on the Chlorophyll Derivative Content, Green Colour, and Antioxidant Activity of Amaranth (Amaranthus viridis) Purees. Applied Sciences (Switzerland) 13(3). https://doi.org/10.3390/app13031344

Ngamwonglumlert, L., S. Devahastin, and N. Chiewchan. 2017. Molecular structure, stability and cytotoxicity of natural green colorants produced from Centella asiatica L. leaves treated by steaming and metal complexations. Food Chemistry 232:387–394. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.034

Rahimzadeh, M. R., M. R. Rahimzadeh, S. Kazemi, and A. A. Moghadamnia. 2024. Copper Poisoning with Emphasis on Its Clinical Manifestations and Treatment of Intoxication. Hindawi Advances in Public Health 2024:1–2. https://doi.org/10.1155/2024/6001014

Santoso, A., J. Arimawan, T. I. Pangan, T. Pertanian, and N. Jember. 2023. *Pengaruh Suhu Pengeringan dan Konsentrasi Penambahan Bubuk Pandan Wangi (Pandanus amaryllifolius) terhadap Karakteristik Fisik dan Organoleptik Klepon*. *JOFE : Journal of Food Engineering | E-ISSN*.

Shahidi, F., and P. Ambigaipalan. 2015, October 1. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects - A review. Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018

Singh, A., A. P. Singh, and H. S. Ramaswamy. 2015. Effect of processing conditions on quality of green beans subjected to reciprocating agitation thermal processing. Food Research International 78:424–432. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.040

Sobota, A., A. Wirkijowska, and P. Zarzycki. 2020. Application of vegetable concentrates and powders in coloured pasta production. International Journal of Food Science and Technology 55:2677–2687. https://doi.org/10.1111/ijfs.14521

Solymosi, K., N. Latruffe, A. Morant-Manceau, and B. Schoefs. 2015. *Food colour additives of natural origin*. *Colour Additives for Foods and*

Beverages. Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-011-8.00001-5

Sowndhararajan, K., N. L. Chin, Y. A. Yusof, L. L. Lai, and W. A. W. Mustapha. 2016. Effect of Blender and Blending Time on Color and Aroma Characteristics of Juice and Its Freeze-Dried Powder of Pandanus amaryllifolius Roxb. Leaves (Pandan). International Journal of Food Engineering 12(1):75–81. https://doi.org/10.1515/ijfe-2015-0096

Šturm, L., I. G. Osojnik Črnivec, K. Istenič, A. Ota, P. Megušar, A. Slukan, M. Humar, S. Levic, V. Nedović, R. Kopinč, M. Deželak, A. Pereyra Gonzales, and N. Poklar Ulrih. 2019. Encapsulation of non-dewaxed propolis by freeze-drying and spray-drying using gum Arabic, maltodextrin and inulin as coating materials. Food and Bioproducts Processing 116:196–211. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.05.008

Su, J., and S. Wang. 2024. Influence of food packaging color and foods type on consumer purchase intention: the mediating role of perceived fluency. Frontiers in Nutrition(January):1–8. https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1344237

Suryani, C. L., I. A. Fitri, E. Evlin, and F. X. Suwarta. 2023. The Effects of Metallochlorophyll Formation and Pretreatment on Color, Chlorophyll Content, Total Phenolic Content, and Antioxidant Activity of Sambiloto (Andrographis paniculata) Simplicia Powder. 11(2):266–274. https://doi.org/10.13189/ujar.2023.110205

Suryani, C. L., T. D. Wahyuningsih, S. Supriyadi, and U. Santoso. 2020a. THE POTENTIAL OF MATURE PANDAN LEAVES AS A SOURCE OF CHLOROPHYLL FOR NATURAL FOOD COLORANTS. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan 31(2):127–137. https://doi.org/10.6066/jtip.2020.31.2.127

Suryani, C. L., T. D. Wahyuningsih, Supriyadi, and U. Santoso. 2020b. Derivatization of chlorophyll from pandan (Pandanus amaryllifolius Roxb.) leaves and their antioxidant activity. Periodico Tche Quimica 17(36):1110–1126.

Tchinda, A. N., M. Anoumaa, F. L. T. Tazo, E. T. Phounzong, O. J. Kenfack, M. Lekeufack, R. B. Doumdi, J. A. Nguemezi, and T. Fonkou. 2023. Edible Coating Formulated by Optimization from Aloe vera, Starch, and Arabic Gum Improved the Conservation of Banana (Musa acuminata) Fruits. International Journal of Food Science 2023. https://doi.org/10.1155/2023/3746425

Valiathan, S., and K. A. Athmaselvi. 2018. Gum arabic based composite edible coating on green chillies. International Agrophysics 32:193–202. https://doi.org/10.1515/intag-2017-0003

Wijaya, N. R., M. Nikmah, Z. Umah, F. Afifah, N. A. Sofiani, C. L. Suryani, and Y. P. Sari. 2024. Peningkatan Kualitas Sifat Fisik, dan Kadar Klorofil Pasta Pandan Melalui Variasi Konsentrasi ZnCl2 Sebagai Media Ekstraksi dan Jenis Bahan Pengisi. Agrisaiintifika, Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian 8(1):92–100.

Yunisa, T. R. 2023. Regulasi Pewarna Pangan di Indonesia. Food Review Indonesia XVIII(8):58–64.