

PENINGKATAN KUALITAS SIFAT FISIK DAN KADAR KLOOROFIL DARI PASTA PANDAN MELALUI VARIASI KONSENTRASI $ZnCl_2$ SEBAGAI MEDIA EKSTRAKSI DAN JENIS BAHAN PENGISI

Nawang Sari Rahma Wijaya¹⁾, Miftahul Nikmah¹⁾, Zahrotul Umah Fifin Afifah¹⁾,
Nur Aida Sofiani¹⁾, Chatarina Lilis Suryani¹⁾, Yuli Perwita Sari^{1)*}

¹⁾ Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Agroindustri, Universitas Mercu Buana
Yogyakarta, Jl. Wates Km 10, Yogyakarta 55375, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia
email: yuli.perwita@mercubuana-yogya.ac.id*

Abstrak

Pewarna makanan adalah bahan tambahan pangan yang ketika ditambahkan atau diaplikasikan pada pangan mampu memberi atau memperbaiki warna. Selain memiliki aroma yang khas, pandan juga dapat dimanfaatkan sebagai pewarna alami. Namun, pewarna makanan alami memiliki stabilitas warna yang kurang baik karena sifat pigmennya yang mudah terdegradasi sehingga tidak optimal dalam memberikan warna pada produk pangan. Dengan demikian diperlukan suatu produk pasta pandan yang memiliki kestabilan baik. Pembentukan kompleks Zn-klorofil diketahui dapat menjaga kestabilan warna. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh $ZnCl_2$ sebagai media ekstraksi; gum arab dan maltodekstrin sebagai bahan pengisi pada pembuatan pasta pandan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 faktorial yaitu penambahan konsentrasi $ZnCl_2$ 0, 500, 750, 1000 ppm dan penggunaan variasi rasio gum arab dan maltodekstrin yakni 0:2, 1:1, 2:0 (b/b). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi $ZnCl_2$ dan penggunaan variasi bahan pengisi berpengaruh secara nyata terhadap kadar klorofil, kadar Zn total, serta uji warna pada sampel pasta pandan yang dihasilkan. Sampel terbaik diketahui sampel dengan perlakuan penambahan konsentrasi $ZnCl_2$ 1000 ppm dan penggunaan bahan pengisi berupa gum arab 20% (2:0) yang memiliki kadar klorofil sebesar 237,27 mg/g klorofil, dan kadar Zn total sebesar 173,19 mg/g. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan $ZnCl_2$ 1000 ppm dan bahan pengisi berupa gum arab dapat menghasilkan pasta pandan dengan kualitas yang baik.

Kata kunci: Ekstrak Klorofil, Pewarna Alami, Pasta Pandan, $ZnCl_2$

Abstract

Food coloring is an additive that can enhance the color of food. Apart from having a distinctive aroma, pandan can also be used as a natural dye. However, it has poor color stability due to the easily degraded pigments. Thus, a pandan paste product that has good strength is urgently needed. The formation of the Zn-chlorophyll complex is known to maintain color stability. This research aimed to study the effect of $ZnCl_2$ as an extraction medium, gum arabic, and maltodextrin as fillers in making pandan paste. This research used a two factorial Completely Randomized Design (CRD), namely adding $ZnCl_2$ concentrations of 0, 500, 750, and 1000 ppm and using variations in the ratio of gum arabic and maltodextrin, namely 0:2, 1:1, 2:0 (w/w). The research results showed that increasing the concentration of $ZnCl_2$ and using a variety of fillers significantly affected the chlorophyll content, total Zn content, and color test on the resulting pandan paste samples. The best selection was known to be the sample treated with the addition of a $ZnCl_2$ concentration of 1000 ppm and the use of filler material in the form of 20% gum arabic (2:0), which had a chlorophyll content of 237.27 mg/g chlorophyll, and a total Zn content of 173.19 mg/g. The results showed that 1000 ppm $ZnCl_2$ and filler as arabic gum can produce good-quality pandan paste.

Keywords: Chlorophyll Extraction, Natural Colorant, Pandan Paste, Zn-chlorophyll,

1. PENDAHULUAN

Hampir semua jenis makanan olahan pasti menggunakan pewarna. Pewarna makanan dapat meningkatkan kesukaan terhadap makanan karena pewarna dapat mempengaruhi selera

Wijaya, dkk 2024

seseorang. Pewarna makanan yang banyak digunakan adalah pewarna makanan sintetis namun, seiring berjalannya waktu pewarna makanan alami lebih diminati karena adanya tren gaya hidup sehat. Oleh karena itu saat ini banyak dikembangkan pewarna alami yang dianggap lebih aman bagi kesehatan. Salah satunya adalah pewarna makanan alami dari daun pandan. Daun pandan kaya kandungan klorofil yang dapat menimbulkan warna hijau. Namun dalam pemanfaatannya sebagai pewarna makanan alami kurang praktis karena Klorofil memiliki sifat yang mudah terdegradasi oleh panas dan cahaya sehingga selama proses ekstraksi dan pengolahan pangan dapat menyebabkan penurunan intensitas warna (Dwipayana et. al., 2019).

Klorofil dapat terdegradasi karena melepaskan ion Mg^{2+} dan akan membentuk feofitin yang berwarna coklat-kekuningan. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan stabilitas klorofil selama pengolahan pangan. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan penggantian ion Mg yang terikat pada klorofil dengan ion logam yang mampu membentuk kompleks yang lebih stabil seperti Cu dan Zn (Andarwulan et al., 2012). Salah satu peneliti yang mengembangkan pewarna pandan adalah Suryani et al. (2020), dalam penelitian tersebut dilakukan pembentukan Zn-klorofil pada ekstrak daun pandan dan dienkapsulasi dengan spray drier sehingga dalam kalangan masyarakat masih mahal untuk diterapkan. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan ekstraksi dengan medium $ZnCl_2$ dan pembentukan pasta dengan bahan pengisi maltodekstrin dan gum arap. Pada berbagai penelitian yang ada saat ini belum diketahui konsentrasi $ZnCl_2$ yang tepat untuk medium ekstraksi, karena beberapa penelitian yang ada proses pembentukan Zn-klorofil dilakukan pada ekstrak.

Dalam proses pembentukan pasta dengan penambahan bahan pengisi seperti maltodekstrin dan gum arap yang mampu melindungi molekul klorofil (Wiyono, 2023) diharapkan Zn-klorofil akan lebih terlindungi sehingga Penggunaan dua macam bahan pengisi yang berbeda ini dikarenakan klorofil memiliki sifat amphifilik sehingga memerlukan bahan pengisi yang tepat untuk melindungi klorofil serta tetap mempunyai kelarutan tinggi. Selain itu, perlu dilakukan optimasi perbandingan antara ekstrak dengan bahan pengisi karena, jika terlalu tinggi akan mengurangi efektivitas warna sedangkan jika terlalu rendah klorofil tidak dapat terlindungi (Suryani et.al., 2020)..

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun pandan segar ruas 12-18 yang diperoleh dari daerah Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Bahan kimia seperti $ZnCl_2$, aquades, aseton 80%, HCl 6 N, HNO_3 0,1 N, maltodekstrin, dan gum arab dari Merck, Germany.

2.2 Metode

2.2.1. Preparasi daun segar

Proses pembuatan pasta daun pandan diawali dengan pemanenan daun pandan pada ruas no 13-18 (Suryani et. al., 2020) yang mempunyai kadar klorofil tertinggi. Daun pandan segar disortasi dengan kriteria kondisi daun masih utuh, tidak layu, tidak rusak, lalu dipisahkan dari batang dan tangkainya yang keras serta diseleksi daun yang kuning berbintik putih atau rusak dipisahkan dan dibuang dan dicuci dengan air mengalir dan ditiriskan. Setelah itu dipotong-potong ± 2 cm. Proses berikutnya adalah penimbangan, penimbangan daun pandan segar seberat 100 gr kemudian disimpan di dalam freezer.

Wijaya, dkk 2024**2.2.2. Proses ekstraksi klorofil**

Ekstraksi klorofil dilakukan dengan menghancurkan daun pandan selama 3 menit dengan alat blender dengan ditambah 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 kertas saring.

2.2.3. Pemanasan

Ekstrak yang diperoleh pada tahap 3.2 kemudian dipanaskan pada suhu $110^{\circ}C$ selama 15 menit menggunakan autoklaf agar kompleks antara Zn dengan klorofil dapat terbentuk. Ekstrak Zn klorofil yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai bahan pembuatan pasta pandan.

2.2.4. Pencampuran dengan bahan penyalut

Ekstrak Zn-klorofil dicampur dengan bahan penyalut yaitu gum arab, maltodekstrin dan kombinasi gum arab dengan maltodekstrin 1:1 (b/b). Bahan penyalut yang ditambahkan sebanyak 20% b/b. Kemudian campuran diaduk hingga homogen dan selanjutnya dipanaskan selama 30 menit sambil diaduk. Langkah selanjutnya adalah pengemasan dalam botol yang telah disterilisasi sebelum dianalisis.

2.2.5. Analisis data

Pasta pandan yang dihasilkan dianalisis kadar klorofil total dilakukan dengan metode Vernon (1960) dan Nikolaeva *et al.*, (2010) serta Suryani *et al* (2020), kadar Zn total dengan alat *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS), stabilitas warna dengan metode Ngamwonglumlert *et al.* (2017), warna pasta pandan dengan menggunakan alat *Colorimeter* tipe NH300 (Pathare *et al.*, 2013). Data yang diperoleh dari dua ulangan percobaan dan 3 ulangan analisis dianalisis statistik *Analysis of Variance* (Anova). Jika terdapat pengaruh yang nyata maka dilanjutkan dengan *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf 5% menggunakan SPSS Versi 28.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN**3.1. Kadar klorofil**

Kadar klorofil total pasta pandan (mg/L) pada berbagai konsentrasi $ZnCl_2$ sebagai medium ekstraksi dan jenis penyalut ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil uji statistik diketahui bahwa interaksi antara variasi konsentrasi $ZnCl_2$ dengan jenis penyalut berpengaruh nyata terhadap kadar klorofil total pasta pandan. Semakin besar konsentrasi pada berbagai jenis penyalut maka kadar klorofil total semakin besar pula, namun pada konsentrasi 1000 ppm dengan penyalut maltodekstrin dan kombinasi maltodekstrin dengan gum arab menurun kembali. Semakin tinggi konsentrasi maka semakin banyak terbentuk Zn-klorofil sehingga semakin besar terbentuk warna hijau. Suryani (2023) menyatakan bahwa peningkatan pembentukan kompleks Zn-klorofil akan terdeteksi pada panjang gelombang 663 dan 645 nm sehingga semakin besar kadar klorofil total.

Jenis penyalut juga memengaruhi kadar klorofil total pasta pandan. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kadar klorofil tertinggi adalah dengan penyalut gum arab diikuti dengan maltodekstrin dan yang terendah yakni dengan perlakuan kombinasi keduanya. Hal ini menunjukkan bahwa dalam pembentukan pasta pandan jenis penyalut yang paling tepat adalah gum arab, sesuai

Wijaya, dkk 2024

dengan hasil penelitian Kang et al. (2019) yang menunjukkan bahwa semakin besar proporsi maltodekstrin dibanding gum arab maka mikroenkapsulan klorofil semakin stabil. Namun hasil penelitian tersebut berbeda dengan Comunian et al. (2011) yang menunjukkan bahwa gum arab juga cocok digunakan sebagai penyalut klorofil. Klorofil merupakan salah satu hasil degradasi klorofil yang mempunyai sifat lebih polar dibanding Zn-klorofil (Mlodzinska, 2009) sehingga diduga lebih sesuai dengan gum arab. Sedangkan campuran maltodekstrin dengan gum arab cocok digunakan untuk enkapsulasi komponen fenolik bawang (Akdeniz et al., 2017) dan minyak biji kelor (Premi dan Sharma, 2017). Kombinasi antara maltodekstrin dengan gum arab, dan gelatin digunakan sebagai bahan dinding penyalut ekstrak kunyit (Rajabi et al., 2015)

Kadar klorofil total tertinggi terdapat pada sampel pasta pandan dengan penambahan konsentrasi $ZnCl_2$ sebanyak 1000 ppm dengan variasi bahan pengisi berupa gum arab 20%. Hal ini sesuai dengan sifat klorofil yaitu amfifilik yang sesuai pula dengan sifat maltodekstrin yang mempunyai gugus polar dan non polar (Kang et al., 2019).

3.2. Kadar Zn total

Kadar Zn total pasta pandan (mg/L) pada berbagai konsentrasi $ZnCl_2$ sebagai medium ekstraksi dan jenis penyalut ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi $ZnCl_2$ yang ditambahkan maka kadar Zn total yang dihasilkan semakin tinggi pada seluruh perlakuan variasi penambahan bahan pengisi. Kadar Zn tertinggi dihasilkan pada pasta pandan dengan kombinasi bahan pengisi maltodekstrin dan gum arab dan gum arab saja yaitu $129,19h \pm 3.71$ dan $129,09h \pm 1.61$ mg/L pasta.

Hasil uji statistik terhadap kadar Zn total dalam pasta menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi $ZnCl_2$ dan jenis penyalut berpengaruh nyata terhadap kadar Zn total pasta. Semakin tinggi konsentrasi $ZnCl_2$ yang ditambahkan, berbanding lurus dengan peningkatan kadar Zn terikat, dan pada pasta dengan bahan penyalut kombinasi gum arab dan maltodekstri mempunyai kadar Zn total yang lebih besar. Pada penelitian ini diketahui kadar Zn terikat berkisar antara 3,94-129,19 mg/L pasta. Proses pengikatan Zn yang berasal dari reagen $ZnCl_2$ mulai terjadi pada saat proses penghancuran daun pandan. Hal ini karena selama proses penghancuran sebagian klorofil telah mulai terdegradasi yang diakibatkan oleh keberadaan asam alami dalam daun pandan. Klorofil yang telah terdegradasi membentuk feofitin akan segera mengikat Zn bebas. Selanjutnya pembentukan Zn-klorofil akan lebih efektif pada saat pemanasan ekstrak klorofil yang telah diperoleh. Panas akan menyebabkan klorofil terdegradasi membentuk feofitin sehingga akan lebih mudah mengikat Zn. Namun diketahui pula bahwa Zn juga dapat terikat oleh selulosa (Widiyani et al., 2014) dan komponen-komponen fenolik, flavonoid dan flavor, sehingga tidak semua Zn akan terikat oleh klorofil. Komponen terestral lainnya juga dapat berikatan dengan Zn^{2+} seperti senyawa flavor daun pandan 2-asetil-1-pirolin (Fang, 2013), fenolik (Wen et al., 2004; Karamac, 2009; Wang et al., 2009) dan flavonoid (Cherrak et al., 2016). Oleh karena ekstrak Zn-klorofil masih mengandung komponen-komponen minor tersebut maka klorofil tidak dapat mengikat Zn secara optimal.

3.3. Warna

Pengukuran warna sampel pasta pandan menggunakan sistem warna L, a, b . Nilai L (*lightness*) yang menunjukkan tingkat kecerahan bahan, nilai a^* (+ *redness* dan - *greeness*) menunjukkan intensitas warna merah (+) atau warna hijau (-), sedangkan b^* (+ *yellowness* dan - *blueness*)

Wijaya, dkk 2024

menunjukkan intensitas warna kuning (+) atau warna biru (-), dan ΔE menunjukkan stabilitas warna pada sampel pasta pandan dengan penambahan konsentrasi $ZnCl_2$ serta variasi bahan pengisi ditampilkan pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3, dapat diketahui bahwa nilai kecerahan (L^*) pasta pandan berkisar antara 32,60 sampai 35,45. Interaksi antara perlakuan variasi konsentrasi $ZnCl_2$ dan jenis bahan penyalut berpengaruh nyata ($p < 0,05$) pada tingkat kecerahan pasta pandan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak ikatan Zn-klorofil yang terbentuk maka intensitas warna hijau yang dihasilkan akan semakin meningkat dan pencoklatan akibat pembentukan feofitin semakin berkurang. Klorofil b merupakan pigmen berwarna hijau kekuningan sedangkan klorofil a berwarna hijau kebiruan.

Pada parameter a^* (merah), penggunaan notasi negatif pada a^* value menunjukkan indikasi warna hijau. Interaksi anatar perlakuan konsentrasi $ZnCl_2$ dan jenis penyalut pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap intensitas warna hijau pasta pandan. Berdasarkan data pada Tabel 3 diketahui bahwa nilai a^* tertinggi ditunjukkan pada pasta pandan dengan penambahan $ZnCl_2$ sebanyak 1000 ppm dengan bahan penyalut gum arab (-4,28) dan maltodekstrin (-4,25). Hal ini disebabkan gum arab secara individual mampu membentuk dinding yang dapat memerangkap Zn-klorofil sehingga intensitas warna hijau pasta pandan meningkat (Kang *et. al.*, 2019). Gum arab dapat meningkatkan dan mempertahankan stabilitas dari senyawa yang disalut dengan meningkatkan viskositasnya. Viskositas dari gum arab akan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi yang digunakan. Gum arab juga salah satu jenis penyalut yang tahan terhadap suhu panas (Dauqan *et. al.*, 2013). Hal ini berbanding terbalik dengan sifat maltodekstrin yang mempunyai viskositas rendah sehingga kombinasi keduanya tidak menghasilkan bahan penyalut yang cukup baik untuk melindungi kompleks Zn-klorofil. Selain itu, banyaknya total padatan yang terkandung dalam maltodekstrin sebagai bahan penyalut menyebabkan pengukuran kadar klorofil yang tidak optimal karena maltodekstrin berwarna putih sedangkan klorofil berwarna hijau (Yuliawaty, 2015).

Pada parameter b^* (kuning), perbedaan penambahan konsentrasi $ZnCl_2$ pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap intensitas warna kuning pasta pandan. Nilai b^* tertinggi ditunjukkan pada sampel pasta pandan tanpa penambahan $ZnCl_2$ (0 ppm), karena pasta pandan tanpa penambahan $ZnCl_2$ memiliki warna yang cenderung kuning akibat degradasi klorofil menjadi feofitin. Sementara itu sampel dengan nilai b^* terendah ditunjukkan oleh sampel pasta pandan dengan penambahan $ZnCl_2$ sebesar 1000 ppm serta penggunaan bahan pengisi berupa gum arab. Semakin besar konsentrasi $ZnCl_2$ maka semakin rendah nilai b^* . Hal ini sesuai dengan pernyataan Suryani (2023) bahwa semakin besar konsentrasi $ZnCl_2$ maka semakin banyak kompleks Zn-klorofil yang terbentuk pada pasta pandan sehingga intensitas warna hijau yang dihasilkan lebih tinggi dan intensitas warna kuning menurun.

3.4. Stabilitas warna

Hasil uji stabilitas warna yang ditunjukkan dengan nilai ΔE menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan konsentrasi $ZnCl_2$ dan jenis penyalut berpengaruh nyata terhadap stabilitas warna pasta pandan. Semakin besar konsentrasi $ZnCl_2$ pada berbagai variasi bahan penyalut maka semakin rendah nilai ΔE yang menunjukkan semakin stabil warna pasta pandanya. Pasta pandan yang memiliki tingkat stabilitas warna tinggi adalah pasta pandan yang diekstrak dengan $ZnCl_2$ pada konsentrasi minimal 500 ppm untuk semua jenis bahan penyalut kecuali pada konsentrasi 500 ppm

Wijaya, dkk 2024

dengan penyalut gum arab saja. Hal ini menunjukkan bahwa Zn-klorofil yang terbentuk sangat stabil walaupun jumlah yang terbentuk relatif rendah dibanding pada konsentrasi $ZnCl_2$ yang lebih tinggi.

Menurut Suryani (2020), semakin rendah penurunan nilai ΔE menunjukkan warna pasta pandan semakin stabil. Penambahan garam Zn dapat meningkatkan stabilitas warna dan retensi klorofil, sehingga pewarna pasta pandan yang dihasilkan memiliki warna hijau yang stabil saat proses pemanasan. Hal ini sesuai dengan hasil uji warna hijau yang menunjukkan penurunan pemanasan yang sangat signifikan pada konsentrasi larutan $ZnCl_2$ 0 ppm dengan bahan penyalut kombinasi gum arab dan maltodekstrin 20% sebesar $4,41 \pm 0,20$.

Stabilitas warna pada sampel pasta pandan juga dipengaruhi oleh jenis bahan pengisi yang digunakan. Berdasarkan Tabel 3, pasta pandan dengan stabilitas warna tertinggi adalah pasta pandan dengan penggunaan bahan pengisi berupa gum arab. Gum arab mampu membentuk matriks pelindung yang kuat disekitar bahan inti pada proses enkapsulasi. Hal tersebut karena gum arab mempunyai kemampuan emulsi serta stabilitas yang baik pada pembentukan enkapsulasi (Akdeniz et. al., 2017).

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi $ZnCl_2$ sebagai media ekstraksi klorofil dalam pembuatan pasta pandan maka pasta pandan yang dihasilkan mempunyai kadar klorofil dan kadar Zn total yang semakin besar serta intensitas warna hijau dan stabilitas warna yang semakin tinggi pula. Penggunaan maltodekstrin dan gum arab secara individual sebagai bahan penyalut lebih baik dibanding kombinasi keduanya jika ditinjau dari kadar klorofil, warna dan stabilitasnya. Bahan penyalut yang lebih cocok dalam pembuatan pasta pandan sebagai pewarna alami adalah gum arab 20%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Akdeniz, B., Sumnu, G., dan Sahin, S. 2017. The Effects of Maltodextrin and Gum Arabic on Encapsulation of Onion Skin Phenolic Compounds. *Chemical Engineering Transactions*. 57:1891-1896.
- Andarwulan, N dan Fitri, F. 2012. Pewarna Alami untuk Pangan. SEAFEST Center. Bogor: Institut Pertanian Bogor. 62-67.
- Dauqan E., Abdullah A. 2013. Utilization Of Gum Arabic For Industries And Human Healthy. *Journal of Applied Sciences*. Vol.10(10): 1270- 1279
- Dwipayana, I. M., Wartini, N. M., dan Wrasati, L. P., 2019. Pengaruh Perbandingan Bahan Pelarut dan Lama Ekstraksi terhadap Karakteristik Ekstrak Pewarna Daun Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius Roxb.*). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 7 (4):571-580.
- Kang, Y., Yun-Kyung, L., Jun, K. Y., dan Hyuk, C. Y. 2019. Characterization and storage stability of chlorophylls microencapsulated in different combination of gum Arabic and maltodextrin. *Food Chemistry* 272: 339-346.
- Karamać, M. 2009. Chelation of Cu(II), Zn(II), and Fe(II) by tannin constituents of selected edible nuts. *International Journal of Molecular Sciences*. 10(12): 5485-5497.

Wijaya, dkk 2024

- Młodzińska, Ewa. 2009. Survey of Plant Pigments: Molecular and Environmental Determinants of Plant Colors, *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 51(1), 7-16.
- Ngamwonglumlert, L., Devahastin, S., dan Chiewchan, N., 2017. Molecular Structure, Stability, and Cytotoxicity of Natural Green Colorants Produced from *Centella asiatica* L. Leaves Treated by Steaming and Metal Complexations. *Disertasi*. King Mongkut's University of Technology Thonburi.
- Nikolaeva. M. K., Maevskaya, S. N., Shugaev, A. G., and Bukhov, N. G. 2010. Effect of drought on chlorophyll content and antioxidant enzyme activities in leaves of three wheat cultivars varying in productivity. *Russian Journal of Plant Physiology*. 57(1): 87-95.
- Pathare, P. B., Opara, U. L., dan Al-Said, F. A. J. 2012. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food Bioprocess Technology* Vol. 6, No. 1, 36–60, 2012
- Suryani, C. L., Fitri, I. A., Evlin, E., Norfakdah., Suwarta, FX. 2023. The Effects of Metallochlorophyll Formation and Pretreatment on Color, Chlorophyll Content, Total Phenolic Content, and Antioxidant Activity of Sambiloto (*Andrographis paniculata*) Simplicia Powder. *Universal Journal of Agricultural Research*. 11(2): 266-274.
- Suryani, C. L., Santoso, U., Supriyadi., dan Wahyuningsih, T. D. 2020. Stabilitas ekstrak klorofil dan mikrokapsul Zn-klorofil daun pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius*, Roxb) sebagai pewarna makanan dan antioksidan. *Disertasi*. Universitas Gajah Mada
- Vemon, L. P. (1960). Spectrophotometry determination of chlorophylls and pheophytins in plant extracts. *Analytical Chemistry*. 32(9): 1144-1150.
- Wang, T., Jónsdóttir, R., and Ólafsdóttir, G. 2009. Total phenolic compounds. radical scavenging and metal chelation of extracts from Icelandic seaweeds. *Food Chemistry*. 116(1): 240-248
- Wen, X., Takenaka, M., Murata, M., and Homma. S. 2004. Antioxidative activity of a zinc-chelating substance in coffee. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*. 68(11): 2313-2318.
- Widiyani, P., Dewi, E. R. S. 2014. Penurunan Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella vulgaris* pada Media Kultur. *Bioma*. 3(2): 17-26
- Wiyono, A.E., Amalia, W., Mulyana, R.A., Agha, O.R.A.I. 2023. Optimasi Formula Serbuk Pewarna Alami Berbasis Ekstak Daun Singkong (*Manihot esculenta* Crantz). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 11(2):315-330.

LAMPIRAN

Tabel 1. Kadar klorofil total pasta pandan (mg/L) pada berbagai konsentrasi ZnCl₂ sebagai medium ekstraksi dan jenis penyalut

Wijaya, dkk 2024

Konsentrasi ZnCl ₂	Jenis penyalut		
	Maltodekstrin	Kombinasi	Gum Arab
0 ppm	111,22 ^a ±0,00	116,35 ^b ±1,17	121,97 ^c ±0,46
500 ppm	189,66 ⁱ ±1,17	146,69 ^f ±1,45	190,72 ⁱ ±1,17
750 ppm	219,30 ^j ±1,01	140,11 ^e ±1,17	186,41 ^h ±1,63
1000 ppm	166,30 ^g ±1,02	135,95 ^d ±1,02	237,27 ^k ±1,45

Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata ($p>0.05$)Tabel 2. Kadar Zn total pasta pandan (mg/L) pada berbagai konsentrasi ZnCl₂ sebagai medium ekstraksi dan jenis penyalut

Konsentrasi ZnCl ₂	Jenis penyalut		
	Maltodekstrin	Kombinasi	Gum arab
0 ppm	3,94 ^a ± 0.11	4,10 ^a ± 0.05	4,26 ^a ± 0.06
500 ppm	65,18 ^b ± 1.78	72,89 ^c ± 0.89	72,49 ^c ± 1.49
750 ppm	83,82 ^d ± 0.33	87,33 ^e ± 1.26	94,73 ^g ± 1.39
1000 ppm	91,58 ^f ± 2.43	129,19 ^h ± 3.71	129,09 ^h ± 1.61

Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata ($p>0.05$)Tabel 3. Warna dan stabilitas warna pasta pandan pada berbagai konsentrasi ZnCl₂ sebagai medium ekstraksi dan jenis penyalut

Konsentrasi Zn (ppm)	Jenis Penyalut	L*	a*	b*	ΔE
0	Maltodekstrin	32,60 ^a ± 0.29	-0,68 ⁱ ± 0.10	3,43 ⁱ ±0,20	1,72 ^b ±0,21
	Kombinasi	35,45 ^e ± 0.07	-1,18 ^g ± 0.04	3,46 ⁱ ±0,05	4,41 ^c ±0,20
	Gum arab	34,32 ^c ± 0.18	-0,93 ^h ± 0.02	3,16 ^h ±0,06	0,83 ^a ±0,35
500	Maltodekstrin	32,43 ^a ± 0.24	-3,25 ^e ± 0.09	3,05 ^{gh} ±0,10	1,61 ^b ±0,09
	Kombinasi	34,45 ^{cd} ± 0.17	-3,86 ^{bc} ± 0.02	2,82 ^{fg} ±0,17	0,77 ^a ±0,01
	Gum arab	33,50 ^b ± 0.36	-3,58 ^d ± 0.26	2,66 ^f ±0,18	0,64 ^a ±0,10

Wijaya, dkk 2024

750	Maltodekstrin	$34,30^c \pm 0.05$	$-4,02^b \pm 0.05$	$2,30^e \pm 0,18$	$0,71^a \pm 0,13$
	Kombinasi	$33,59^b \pm 0.16$	$-2,74^f \pm 0.05$	$2,13^{de} \pm 0,14$	$1,17^{ab} \pm 0,53$
	Gum arab	$34,74^d \pm 0.20$	$-4,31^a \pm 0.72$	$1,61^b \pm 0,07$	$0,92^a \pm 0,30$
1000	Maltodekstrin	$33,64^b \pm 0.18$	$-4,25^a \pm 0.10$	$1,93^{cd} \pm 0,20$	$1,16^{ab} \pm 0,53$
	Kombinasi	$33,39^b \pm 0.37$	$-3,76^c \pm 0.15$	$1,79^{bc} \pm 0,13$	$1,12^{ab} \pm 0,66$
	Gum arab	$34,45^{cd} \pm 0.04$	$-4,28^a \pm 0.03$	$1,25^a \pm 0,10$	$0,84^a \pm 0,33$

Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata ($p > 0.05$)