

KORELASI KONSENTRASI MALTODEKSTRIN TERHADAP SERBUK MINYAK IKAN KOMERSIAL DENGAN METODE *FOAM-MAT FREZE DRYING*

Jaka Rukmana¹, Yusep Ikrawan¹, Amandita Raphaella Shiffa¹, Nabila Marthia¹

¹Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Jl. Dr. Setiabudi No. 193, Gegerkalong, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40153

Email : jakarukmana@unpas.ac.id

Abstrak

Minyak ikan bandeng (*Chanos chanos*) merupakan sumber omega-3 yang tinggi, namun mudah teroksidasi sehingga perlu di olah menjadi serbuk untuk menjaga stabilitasnya. Salah satu metode yang efektif adalah *Foam-Mat Freeze Drying*, yang memanfaatkan maltodekstrin sebagai penstabil busa. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji korelasi antara konsentrasi maltodekstrin dan karakteristik serbuk minyak ikan bandeng komersial yang dihasilkan, sehingga diperoleh formulasi serbuk yang stabil, berkualitas, dan mudah digunakan. Metode penelitian menggunakan regresi linier sederhana dengan satu faktor konsentrasi maltodekstrin (5%, 10%, 15%, dan 20%). Penelitian terbagi dalam tahap pendahuluan dan utama, dengan analisis meliputi kadar air, kadar lemak, kadar angka peroksida, kadar omega 3-6-9, dan warna (L^* , a^* , dan b^*). Berdasarkan hasil analisis, diperoleh hasil korelasi sangat kuat dan signifikan terhadap kadar air, kadar angka peroksida, kadar omega 6 & 9, nilai kecerahan (L^*), dan nilai perubahan warna (ΔE), serta berkorelasi sangat kuat tetapi tidak signifikan dengan kadar lemak, kadar omega 3, nilai warna merah-hijau (a^*), dan nilai warna kuning-biru (b^*). Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan dilakukan penelitian dengan bahan penyalut lain dan analisis tambahan guna mengevaluasi pengaruh metode *Foam-Mat Freeze Drying* secara lebih menyeluruh terhadap kualitas serbuk yang dihasilkan.

Kata kunci: minyak ikan, maltodekstrin, serbuk minyak ikan, foam-mat freeze drying

Abstract

Milkfish oil (*Chanos chanos*) is a rich source of omega-3, but it is easily oxidized, requiring conversion into powder form to improve its stability. One effective method is *Foam-Mat Freeze Drying*, which utilizes maltodextrin as a foam stabilizer. This study was designed to evaluate the relationship between maltodextrin concentration and the quality attributes of commercial powdered milkfish oil, with the objective of developing a stable, reliable, superior, and use friendly formulation. The research method used was simple linear regression with a single factor of maltodextrin concentration (5%, 10%, 15%, and 20%). The study was divided into preliminary and main stages, with analyses including moisture content, fat content, peroxide value, omega 3-6-9 content, as well as color parameters (L^* , a^* , along with b^*). Based on the results of the analysis results, a very strong and significant correlation was found with moisture content, peroxide value, omega-6 and omega-9 content, lightness (L^*), and total color difference (ΔE). Additionally, a very strong but not significant correlation was observed with fat content, omega-3 content, the red-green color coordinate (a^*), and the yellow-blue color coordinate (b^*). Further studies using different coating materials and additional analysis are recommended to comprehensively evaluate how the *Foam-Mat Freeze Drying* process influences on product quality.

Keywords: milkfish oil, maltodextrin, powdered fish oil, foam-mat freeze drying

1. Pendahuluan

Minyak ikan diketahui mengandung asam lemak omega-3 dalam jumlah tinggi, terutama EPA dan DHA, serta mengandung vitamin A dan D yang tidak bisa dihasilkan secara alami oleh tubuh manusia, sehingga berperan penting bagi Kesehatan jantung, otak, dan sistem imun (Apituley et al., 2020; Panangan et al., 2011). Salah satu sumber potensial adalah ikan bandeng

(*Chanos chanos*) yang banyak ditemukan di Indonesia, dengan kandungan omega 3 sebesar 19,56%, lebih tinggi dibandingkan ikan kembung yang hanya 2,2% per 100 gram (Agustini et al., 2010; Apituley et al., 2020; Nursia et al., 2024).

Namun, minyak ikan mudah terdegradasi oleh suhu, cahaya, dan oksigen, sehingga stabilitas nutrisi, rasa, dan aroma menjadi tantangan (Binks & Lumsdon,

2018). Pengolahan minyak ikan menjadi bentuk serbuk dapat meningkatkan stabilitasnya. Metode *Foam-Mat Freeze Drying* memanfaatkan pembentukan busa serta pengeringan beku untuk menghilangkan air tanpa pemanasan langsung, sehingga kualitas gizi tetap terjaga (Jafari & Banachek, 2008; Yusof et al., 2012).

Maltodekstrin digunakan sebagai bahan pengikat dan pembentuk matriks dalam serbuk minyak ikan, yang berfungsi meningkatkan kestabilan emulsi, mencegah pemisahan minyak, serta mempengaruhi tekstur dan kelarutan serbuk. Konsentrasi maltodekstrin memengaruhi kemampuan protektif terhadap oksidasi; DE rendah membentuk lapisan pelindung yang efektif, sedangkan DE tinggi lebih larut tetapi kurang melindungi minyak (Jiang et al., 2020). Penentuan konsentrasi optimal sangat penting untuk menghasilkan serbuk minyak ikan bandeng yang stabil, larut, dan memiliki kualitas gizi yang terjaga.

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, masalah utama yang diteliti adalah bagaimana konsentrasi maltodekstrin memengaruhi karakteristik serbuk minyak ikan bandeng komersial melalui metode *Foam-Mat Freeze Drying*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi korelasi tersebut dan menghasilkan produk serbuk minyak ikan bandeng dengan karakteristik yang baik, termasuk kestabilan, kelarutan, tekstur, dan kandungan gizi.

Manfaat penelitian ini meliputi pemberian informasi mengenai pembuatan serbuk minyak ikan bandeng komersial menggunakan teknik *Foam-Mat Freeze Drying*, penentuan tingkat konsentrasi maltodekstrin yang optimal, serta penambahan inovasi dalam pengolahan minyak ikan menjadi bentuk serbuk.

Berdasarkan kerangka pemikiran, hipotesis penelitian ini adalah bahwa konsentrasi maltodekstrin berpengaruh terhadap karakteristik serbuk minyak ikan bandeng komersial yang dihasilkan melalui metode *Foam-Mat Freeze Drying*.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui korelasi konsentrasi maltodekstrin terhadap karakteristik serbuk minyak ikan bandeng komersial yang di olah menggunakan metode *Foam-Mat Freeze Drying*.

Faktor yang diteliti adalah variasi konsentrasi maltodekstrin sebagai variabel bebas, sedangkan respon yang diamati meliputi kadar air, kadar lemak, angka peroksida, kandungan asam lemak omega 3-6-9, serta warna (L^* , a^* , dan b^*) produk serbuk minyak ikan bandeng. Bahan utama dalam penelitian ini berupa minyak ikan bandeng komersial.

Bahan tambahan yang digunakan antara lain Tween 80 sebagai foaming agent, maltodekstrin sebagai bahan penyalut, lesitin kedelai sebagai emulsifier, serta CMC sebagai bahan penstabil. Bahan kimia yang dipakai untuk analisis meliputi aquadest, kalium iodate (KIO_3), kalium iodida (KI), H_2SO_4 6N, natrium tiosulfat

($Na_2S_2O_3$) 0,1 N, asam asetat, kloroform ($CHCl_3$), larutan hanus, indikator pati, serta n-heksana.

Alat yang dipakai pada proses produksi serbuk minyak ikan antara lain neraca digital, *mixer*, *freeze dryer*, mangkuk, blender, dan ayakan 60 mesh. Untuk analisis digunakan alat seperti oven, cawan, labu Erlenmeyer, statif dan klem, kertas saring, alat Soxhlet, serta kromatografi gas.

Rancangan penelitian melibatkan dua variabel, yaitu variabel bebas berupa konsentrasi maltodekstrin (5%, 10%, 15%, dan 20%), serta variabel terikat berupa karakteristik serbuk minyak ikan yang diamati. Penelitian pendahuluan dilakukan terlebih dahulu untuk menganalisis kadar air, kadar lemak, angka peroksida, kandungan omega 3-6-9, serta warna (L^* , a^* , dan b^*) minyak ikan bandeng, yang digunakan sebagai acuan dalam proses pengolahan.

Data hasil penelitian dianalisis dengan menerapkan analisis regresi linier sederhana menggunakan persamaan $Y = a + bX$. Keterkaitan antara variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y) ditentukan melalui perhitungan nilai koefisien korelasi (r) untuk mengetahui arah dan kekuatan hubungan yang terbentuk.

Respon yang dianalisis pada penelitian ini mencakup respon fisik serta respon kimia. Respon fisik diukur melalui uji warna menggunakan metode chromameter (Engelen, 2017). Respon kimia meliputi kadar air yang dianalisis menggunakan metode gravimetri (Sudarmadji et al., 1996), sedangkan kadar lemak ditentukan melalui metode ekstraksi menggunakan Soxhlet (Sudarmadji et al., 1996), bilangan peroksidadengan metode iodometri (Husnah & Nurlela, 2020), serta analisis kandungan asam lemak omega 3 6-9 menggunakan kromatografi gas (Nelson & al., 2008).

Proses pembuatan serbuk minyak ikan bandeng dilakukan melalui beberapa tahap. Pertama, bahan penyalut berupa maltodekstrin dan Tween 80 dilarutkan dalam air panas bersuhu 40–60°C, sementara CMC dilarutkan dalam air bersuhu ruang (15–25°C). Tahap ini bertujuan untuk memastikan pencampuran yang merata dan meningkatkan kestabilan emulsi. Selanjutnya, dilakukan pencampuran minyak ikan bandeng dengan penambahan lesitin 5%, CMC 10%, Tween 80 sebesar 0,5%, serta maltodekstrin sesuai perlakuan (5%, 10%, 15%, 20%) dicampur dengan mixer selama 10 menit sampai menghasilkan busa.

Campuran lalu dimasukkan ke dalam *freezer* pada $-80^\circ C$ selama 2 jam untuk proses pembekuan. Setelah itu dilakukan sublimasi primer dengan kondisi suhu $-50^\circ C$ selama 12 jam guna menguapkan es tanpa melewati fase cair, dilanjutkan sublimasi sekunder pada suhu $-30^\circ C$ dengan tekanan vakum rendah (1–100 mTorr) selama 4 jam untuk mengurangi kadar air tersisa. Produk yang diperoleh kemudian dihancurkan dengan diblender sampai menjadi serbuk dan selanjutnya diayak dengan saringan 60 mesh sehingga diperoleh ukuran partikel yang seragam.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan guna mengidentifikasi karakteristik awal minyak ikan bandeng sebelum perlakuan *foam-mat freeze drying*. Hasil analisis menunjukkan bahwa minyak ikan bandeng memiliki kadar air sebesar 4,79%, kadar lemak 92,02%, bilangan peroksida 0,02 meq/kg, serta kandungan omega 3, 6, dan 9 masing-masing sebesar 16,23%, 5,03%, dan 12,11%. Nilai kecerahan (L^*) diperoleh sebesar 38,11, nilai a^* 3,22, dan nilai b^* sebesar 7,91. Temuan ini konsisten dengan laporan penelitian terdahulu yang menunjukkan kadar air dan profil asam lemak serupa pada minyak ikan, sehingga bisa dikatakan bahwa kondisi awal minyak ikan bandeng masih dalam mutu baik dan layak untuk dilakukan proses pengeringan. Hasil analisis pendahuluan bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Pendahuluan

Parameter Analisis	Sampel
	Minyak Ikan Bandeng
Kadar Air (%)	4,79
Kadar Lemak (%)	92,02
Kadar Angka Peroksida (meq peroksida/kg minyak)	0,02
Kadar Omega 3 (%)	16,23
Kadar Omega 6 (%)	5,03
Kadar Omega 9 (%)	12,11
Kecerahan (L^*)	38,11
Merah-Hijau (a^*)	3,22
Kuning-biru (b^*)	7,91

Penelitian Utama

Hasil analisis utama meliputi kadar air, kadar lemak, kadar angka peroksida, kadar omega 3-6-9, dan warna (L^* , a^* , dan b^*).

1. Kadar Air

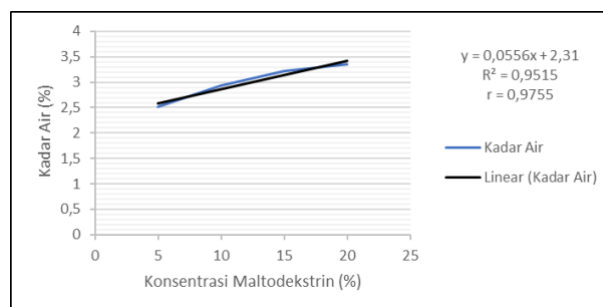
Kadar air yang diperoleh masih berada di bawah 5-6% sebagaimana standar kadar air serbuk pangan (Kumar & al., 2017), sehingga mutu serbuk minyak ikan bandeng yang dihasilkan dapat dikategorikan baik. Kenaikan kadar air tersebut disebabkan karakter maltodekstrin yang mudah menyerap air, sehingga mampu mengikat molekul air dan menahannya dalam matriks serbuk. Selain itu, struktur jaringan maltodekstrin dapat memperlambat pelepasan air selama proses sublimasi pada *freeze drying*, sehingga residu air pada serbuk cenderung lebih tinggi dengan meningkatnya konsentrasi maltodekstrin (Kumar & al., 2017).

Hasil analisis menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9755 untuk kadar air pada serbuk minyak ikan bandeng dan dinyatakan dalam persamaan regresi $Y = 0,0556x + 2,31$. Hal ini mengindikasikan

adanya korelasi yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dengan kadar air. Temuan ini memperlihatkan bahwa korelasi yang dihasilkan positif (+) yang artinya peningkatan konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan akan diikuti oleh kenaikan kadar air pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9515 yang berarti dapat disimpulkan bahwa kadar air dipengaruhi oleh konsentrasi maltodekstrin sebesar 95,15%. Berdasarkan analisis ANOVA, diperoleh nilai F hitung sebesar 39,27 dengan nilai signifikansi 0,0245, yang artinya lebih rendah dibanding taraf 0,05; oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) berpengaruh signifikan terhadap variabel kadar air (Y). Hasil analisis kadar air bisa dilihat pada tabel 2 dan gambar 1.

Tabel 2. Hasil Analisis Utama Kadar Air

No.	Konsentrasi Maltodekstrin (%)	Kadar Air (%)
1	5	2,52
2	10	2,93
3	15	3,22
4	20	3,35



Gambar 1. Kurva Korelasi Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Air

2. Kadar Lemak

Hasil analisis menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9083 untuk kadar lemak pada serbuk minyak ikan bandeng dan dinyatakan dalam persamaan regresi $Y = -0,7922x + 99,88$. Hal ini mengindikasikan adanya korelasi yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dengan kadar lemak. Temuan ini memperlihatkan bahwa korelasi yang dihasilkan negatif (-) yang artinya peningkatan konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan akan diikuti oleh penurunan kadar lemak pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8251 yang berarti dapat disimpulkan bahwa kadar lemak dipengaruhi oleh konsentrasi maltodekstrin sebesar 82,51%. Berdasarkan analisis ANOVA, diperoleh nilai F hitung sebesar 9,43 dengan nilai signifikansi 0,0916, yang artinya lebih tinggi dibanding taraf 0,05; oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan

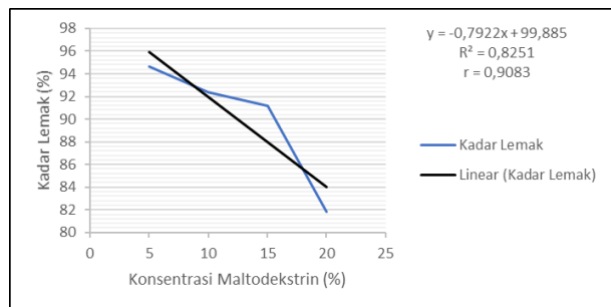
bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel kadar lemak (Y).

Meskipun uji ANOVA menunjukkan hasil tidak signifikan ($p > 0,05$), tren penurunan konsisten dan selaras dengan hasil studi yang melaporkan penurunan tingkat lemak pada kondisi konsentrasi bahan penyalut tinggi (Cahyani et al., 2019). Penurunan kadar lemak dalam penelitian ini mengindikasikan bahwa sebagian minyak terlindungi oleh matriks maltodekstrin dan tidak seluruhnya terdeteksi pada analisis, sehingga minyak lebih stabil terhadap oksidasi.

Hal ini disebabkan oleh minyak yang terperangkap dalam matriks maltodekstrin sehingga tidak seluruhnya dapat terdeteksi melalui metode ekstraksi Soxhlet. Minyak terlindungi dalam dinding enkapsulasi dan Sebagian tidak terekstrak, sehingga jumlah lemak yang terukur lebih rendah. Kondisi tersebut juga mengartikan adanya perlindungan minyak terhadap oksidasi, karena lemak yang terperangkap lebih stabil dibandingkan lemak bebas (Cahyani et al., 2019). Hasil analisis kadar lemak bisa dilihat pada tabel 3 dan gambar 2.

Tabel 3. Hasil Analisis Utama Kadar Lemak

No.	Konsentrasi Maltodekstrin (%)	Kadar Lemak (%)
1	5	94,62
2	10	92,35
3	15	91,14
4	20	81,82



Gambar 2. Kurva Korelasi Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Lemak

3. Bilangan Peroksida

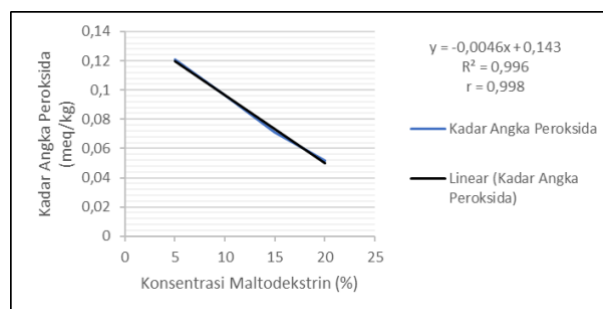
Hasil analisis menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,998 untuk bilangan peroksida pada serbuk minyak ikan bandeng dan dinyatakan dalam persamaan regresi $Y = -0,0046x + 0,143$. Hal ini mengindikasikan adanya korelasi yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dengan kadar bilangan peroksida. Temuan ini memperlihatkan bahwa korelasi yang dihasilkan negatif (-) yang artinya peningkatan konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan akan diikuti oleh penurunan kadar bilangan peroksida pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,996 yang berarti dapat

disimpulkan bahwa kadar bilangan peroksida dipengaruhi oleh konsentrasi maltodekstrin sebesar 99,60%. Berdasarkan analisis ANOVA, diperoleh nilai F hitung sebesar 498,37 dengan nilai signifikansi 0,0020, yang artinya lebih rendah dibanding taraf 0,05; oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) berpengaruh signifikan terhadap variabel kadar bilangan peroksida (Y).

Penurunan bilangan peroksida terjadi karena maltodekstrin membentuk lapisan pelindung yang mengurangi kontak minyak dengan oksigen selama proses pengeringan. Lapisan ini bersifat semi-permeabel, sehingga difusi oksigen ke dalam matriks serbuk menjadi lebih lambat (Tonon et al., 2008). Temuan ini konsisten dengan studi yang menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi maltodekstrin secara signifikan menekan pembentukan senyawa peroksida pada minyak hasil penyerbukan (Pertwi et al., 2020). Jika dibandingkan dengan bilangan peroksida minyak ikan bandeng kasar yang sebelumnya dilaporkan sebesar 13,80 meq/kg (Aditia et al., 2014), maka bilangan peroksida serbuk hasil penelitian ini jauh lebih rendah, menunjukkan kestabilan oksidatif yang lebih baik. Hasil analisis kadar angka peroksida bisa dilihat pada tabel 4 dan gambar 3.

Tabel 4. Hasil Analisis Utama Kadar Angka Peroksida

No.	Konsentrasi Maltodekstrin (%)	Kadar Angka Peroksida (meq peroksida/kg minyak)
1	5	0,121
2	10	0,096
3	15	0,071
4	20	0,052



Gambar 3. Kurva Korelasi Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Angka Peroksida

4. Kadar Omega 3-6-9

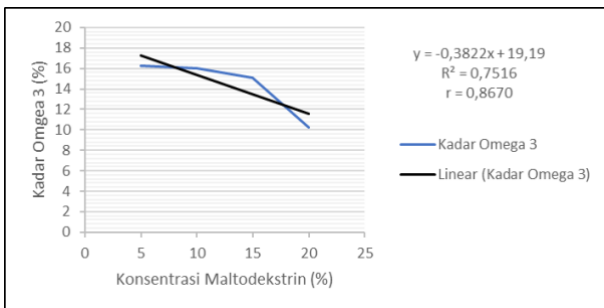
Hasil analisis menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,8670 untuk kadar omega 3 pada serbuk minyak ikan bandeng dan dinyatakan dalam persamaan regresi $Y = -0,3822x + 19,19$. Hal ini mengindikasikan adanya korelasi yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dengan kadar omega 3. Temuan ini memperlihatkan bahwa korelasi yang dihasilkan negatif (-) yang artinya peningkatan

konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan akan diikuti oleh penurunan kadar omega 3 pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan.

Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,7516 yang berarti dapat disimpulkan bahwa kadar omega 3 dipengaruhi oleh konsentrasi maltodekstrin sebesar 75,16%. Berdasarkan analisis ANOVA, diperoleh nilai F hitung sebesar 6,05 dengan nilai signifikansi 0,133, yang artinya lebih tinggi dibanding taraf 0,05; oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel kadar bilangan omega 3 (Y). Hasil analisis kadar omega 3-6-9 bisa dilihat pada tabel 5 dan gambar 4,5 dan 6.

Tabel 5. Hasil Analisis Utama Kadar Omega 3

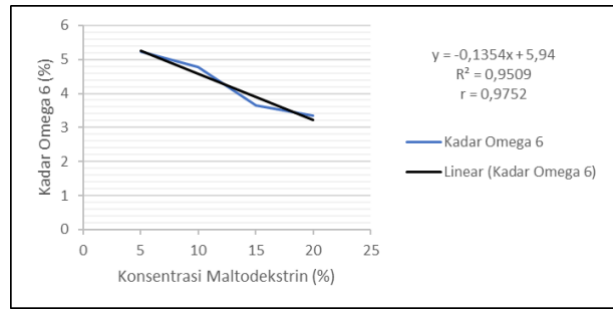
No.	Konsentrasi Maltodekstrin (%)	Kadar Omega 3 (%)	Kadar Omega 6 (%)	Kadar Omega 9 (%)
1	5	16,27	5,22	11,24
2	10	16,05	4,78	10,22
3	15	15,12	3,65	8,69
4	20	10,21	3,34	7,11



Gambar 4. Kurva Korelasi Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Omega 3

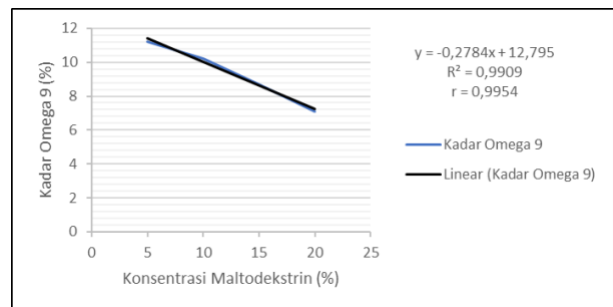
Hasil analisis menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,8752 untuk kadar omega 6 pada serbuk minyak ikan bandeng dan dinyatakan dalam persamaan regresi $Y = -0,1354x + 5,94$. Hal ini mengindikasikan adanya korelasi yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dengan kadar omega 3. Temuan ini memperlihatkan bahwa korelasi yang dihasilkan negatif (-) yang artinya peningkatan konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan akan diikuti oleh penurunan kadar omega 6 pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan.

Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9752 yang berarti dapat disimpulkan bahwa kadar omega 6 dipengaruhi oleh konsentrasi maltodekstrin sebesar 97,52%. Berdasarkan analisis ANOVA, diperoleh nilai F hitung sebesar 38,76 dengan nilai signifikansi 0,0248, yang artinya lebih rendah dibanding taraf 0,05; oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) berpengaruh signifikan terhadap variabel kadar omega 6 (Y).



Gambar 5. Kurva Korelasi Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Omega 6

Hasil analisis menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9954 untuk kadar omega 9 pada serbuk minyak ikan bandeng dan dinyatakan dalam persamaan regresi $Y = -0,2784x + 12,795$. Hal ini mengindikasikan adanya korelasi yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dengan kadar omega 9. Temuan ini memperlihatkan bahwa korelasi yang dihasilkan negatif (-) yang artinya peningkatan konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan akan diikuti oleh penurunan kadar omega 9 pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9909 yang berarti dapat disimpulkan bahwa kadar omega 9 dipengaruhi oleh konsentrasi maltodekstrin sebesar 99,09%. Berdasarkan analisis ANOVA, diperoleh nilai F hitung sebesar 217,76 dengan nilai signifikansi 0,046, yang artinya lebih rendah dibanding taraf 0,05; oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) berpengaruh signifikan terhadap variabel kadar omega 9 (Y).



Gambar 6. Kurva Korelasi Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Omega 9

Penurunan kadar asam lemak terjadi karena maltodekstrin sebagai bahan penyalut tidak mengandung asam lemak, sehingga peningkatan konsentrasi maltodekstrin menyebabkan pengenceran komponen aktif dalam serbuk. Selain itu, viskositas campuran yang tinggi pada konsentrasi maltodekstrin tinggi mengurangi efektivitas emulsifikasi, sehingga sebagian minyak, termasuk omega-3, tidak terlindungi secara optimal selama proses freeze drying (Madene et al., 2006).

Meskipun terjadi penurunan, kadar omega 3 tetap jauh di atas ambang minimal nutrisi fungsional

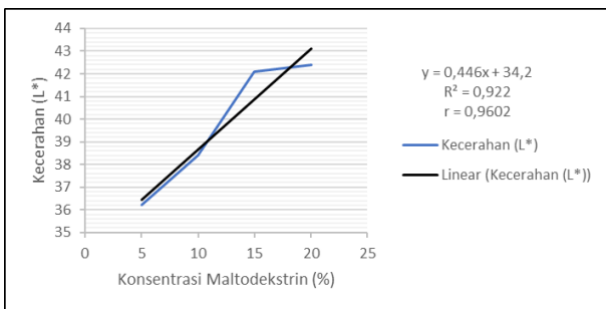
yang direkomendasikan EFSA (2012), sehingga serbuk minyak ikan bandeng memiliki potensi sebagai bahan pangan fungsional. Formulasi dengan maltodekstrin 5–15% terbukti optimal untuk menjaga kadar omega, sedangkan konsentrasi lebih tinggi meningkatkan proteksi oksidatif tetapi menurunkan kadar omega terdeteksi akibat efek pengenceran dan enkapsulasi lebih rapat.

5. Warna

Hasil analisis warna dapat dilihat pada tabel 6 dan gambar 7,8, dan 9.

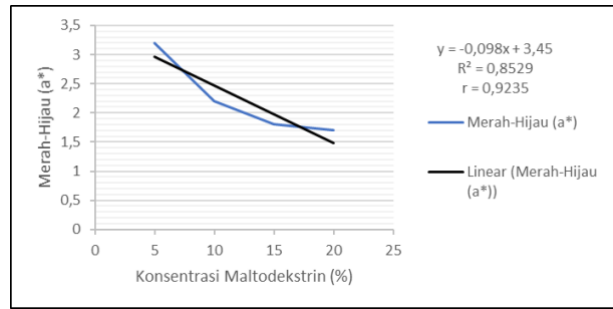
Tabel 6. Hasil Analisis Utama Warna

No.	Konsentrasi Maltodekstrin (%)	L* (Kecerahan)	a* (Merah-Hijau)	b* (Kuning-Biru)	ΔE (Perubahan Warna)
1	5	36,2	3,2	11,2	0,00
2	10	38,4	2,2	8,4	3,70
3	15	42,1	1,8	7,9	6,90
4	20	42,4	1,7	7,2	7,53



Gambar 7. Kurva Korelasi Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kecerahan (L*)

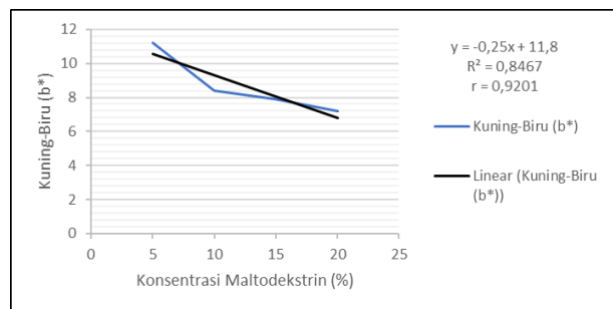
Hasil analisis menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9602 untuk nilai kecerahan (L*) pada serbuk minyak ikan bandeng dan dinyatakan dalam persamaan regresi $Y = 0,446x + 34,2$. Hal ini mengindikasikan adanya korelasi yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dengan nilai kecerahan (L*). Temuan ini memperlihatkan bahwa korelasi yang dihasilkan positif (+) yang artinya peningkatan konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan akan diikuti oleh peningkatan nilai kecerahan (L*) pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R²) sebesar 0,922 yang berarti dapat disimpulkan bahwa nilai kecerahan (L*) dipengaruhi oleh konsentrasi maltodekstrin sebesar 92,20%. Berdasarkan analisis ANOVA, diperoleh nilai F hitung sebesar 23,65 dengan nilai signifikansi 0,0398, yang artinya lebih rendah dibanding taraf 0,05; oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) berpengaruh signifikan terhadap variabel nilai kecerahan atau L* (Y).



Gambar 8. Kurva Korelasi Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Nilai a* (merah-hijau)

Hasil analisis menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9235 untuk nilai merah-hijau (a*) pada serbuk minyak ikan bandeng dan dinyatakan dalam persamaan regresi $Y = -0,098x + 3,45$. Hal ini mengindikasikan adanya korelasi yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dengan nilai merah-hijau (a*). Temuan ini memperlihatkan bahwa korelasi yang dihasilkan negatif (-) yang artinya peningkatan konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan akan diikuti oleh penurunan nilai merah-hijau (a*) pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan.

Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R²) sebesar 0,8529 yang berarti dapat disimpulkan bahwa nilai merah-hijau (a*) dipengaruhi oleh konsentrasi maltodekstrin sebesar 85,29%. Berdasarkan analisis ANOVA, diperoleh nilai F hitung sebesar 11,60 dengan nilai signifikansi 0,0764, yang artinya lebih tinggi dibanding taraf 0,05; oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel nilai merah-hijau atau a* (Y).

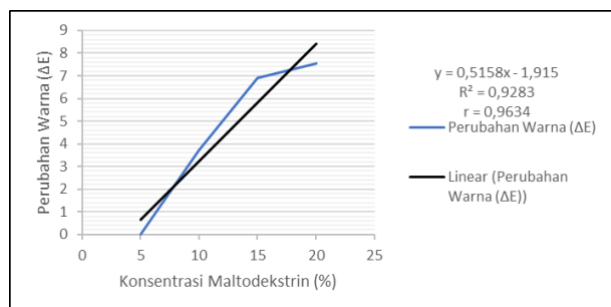


Gambar 9. Kurva Korelasi Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Nilai b* (kuning-biru)

Hasil analisis menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9201 untuk nilai kuning-biru (b*) pada serbuk minyak ikan bandeng dan dinyatakan dalam persamaan regresi $Y = -0,25x + 11,8$. Hal ini mengindikasikan adanya korelasi yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dengan nilai kuning-biru (b*). Temuan ini memperlihatkan bahwa korelasi yang dihasilkan negatif (-) yang artinya peningkatan konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan akan diikuti oleh penurunan nilai kuning-biru (b*) pada serbuk

minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8467 yang berarti dapat disimpulkan bahwa nilai kuning-biru (b^*) dipengaruhi oleh konsentrasi maltodekstrin sebesar 84,67%.

Berdasarkan analisis ANOVA, diperoleh nilai F hitung sebesar 11,04 dengan nilai signifikansi 0,0799, yang artinya lebih tinggi dibanding taraf 0,05; oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel kuning-biru atau b^* (Y).



Gambar 10. Kurva Korelasi Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Perubahan Warna (ΔE)

Hasil analisis menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9634 untuk nilai perubahan warna (ΔE) pada serbuk minyak ikan bandeng dan dinyatakan dalam persamaan regresi $Y = 0,5158x + 1,915$. Hal ini mengindikasikan adanya korelasi yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dengan nilai perubahan warna (ΔE). Temuan ini memperlihatkan bahwa korelasi yang dihasilkan positif (+) yang artinya peningkatan konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan akan diikuti oleh penurunan nilai perubahan warna (ΔE) pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9283 yang berarti dapat disimpulkan bahwa nilai perubahan warna (ΔE) dipengaruhi oleh konsentrasi maltodekstrin sebesar 92,83%.

Berdasarkan analisis ANOVA, diperoleh nilai F hitung sebesar 25,88 dengan nilai signifikansi 0,0365, yang artinya lebih rendah dibanding taraf 0,05; oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) berpengaruh signifikan terhadap variabel perubahan warna atau ΔE (Y).

Kondisi ini terjadi karena sifat senyawa maltodekstrin yang memiliki warna putih sehingga menutupi warna asli minyak ikan bandeng yang kekuningan hingga kemerahan (Goula & Adamopoulos, 2005).

Penurunan nilai a^* dan b^* menunjukkan pergeseran warna menuju netral dan berkurangnya intensitas kuning. Selain itu, metode foam-mat freeze-drying yang berlangsung pada suhu rendah turut menjaga kestabilan pigmen warna, sehingga perubahan warna lebih dipengaruhi oleh komposisi maltodekstrin daripada degradasi akibat panas.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa konsentrasi maltodekstrin berkorelasi terhadap karakteristik serbuk minyak ikan bandeng komersial, dimana konsentrasi maltodekstrin berkorelasi positif (+) sangat kuat terhadap kadar air, kecerahan atau L^* , dan perubahan warna atau ΔE , serta berkorelasi negatif (-) sangat kuat terhadap kadar lemak, bilangan peroksida, kadar omega 3-6-9, Nilai warna merah-hijau atau a^* , dan nilai warna kuning-biru atau b^* . Konsentrasi maltodekstrin terhadap serbuk minyak ikan bandeng komersial signifikan dengan kadar air, bilangan peroksida, kadar omega 6 & 9, nilai kecerahan atau L^* , dan nilai perubahan warna atau ΔE , tetapi tidak signifikan dengan kadar lemak, kadar omega 3, nilai warna merah-hijau atau a^* , dan nilai warna kuning-biru atau b^* .

5. Daftar Pustaka

- Aditia, R. P., Darmanto, P. Y., & Romadhon. (2014). Perbandingan Mutu Minyak Ikan Kasar Yang Diekstrak Dari Berbagai Jenis Ikan Yang Berbeda. *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(3), 55–60.
- Agustini, T. W., Susilowati, I., Subagyo, Setyati, W. A., & Wibowo, B. A. (2010). Will SoftBoned Milkfish – A Traditional Food Product From Semarang City. *Journal of Coastal Development*.
- Apituley, D. A. N., Sormin, R. B. D., & Nanlohy, E. E. M. (2020). Karakteristik dan Profil Asam Lemak Minyak ikan dari Kepala dan Tulang Ikan Tuna (*Thunnus albacares*). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 9(1), 10–19.
- Binks, B. P., & Lumsdon, S. O. (2018). The effect of surfactant concentration on the stability of emulsions. *Journal of Colloid and Interface Science*, 102(2), 343–352.
- Cahyani, R., Harsojuwono, B. A., & Wulandari, E. (2019). Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Karakteristik Serbuk Minyak Ikan Hasil Enkapsulasi Menggunakan Spray Dryer. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 12(1), 45–52.
- Engelen, A. (2017). Analisis Sensori dan Warna Pada Pembuatan Telur Asin dengan Cara Basah. *Journal of Technopreneur*, 5(1), 8–12.
- Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2005). Spray Drying of Tomato Pulp: Effect of Feed Concentration. *Drying Technology*, 23(3), 371–386.
- Husnah, & Nurlela. (2020). Analisa Bilangan Peroksida Terhadap Kualitas Minyak Goreng Sebelum Dan Sesudah Dipakai Berulang. *Teknik Kimia Universitas PGRI Palembang*.
- Jafari, S. M., & Banachek, M. (2008). Microencapsulation of fish oil: Comparison of different techniques. *Journal of Food Engineering*, 87(1), 8–18.

- Jiang, Z., Gu, Z., & Sun, J. (2020). Bioactive compounds in fish oils and their health benefits. *Journal of Food Science*, 85(2), 420–431.
- Kumar, A., & al., et. (2017). Effect of moisture content on stability of powdered food products. *Food Research International*.
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., & Desobry, S. (2006). Flavour Encapsulation and Controlled Release. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(1), 1–21.
- Nelson, L. R., & al., et. (2008). Optimization of the Determination of Fatty Acids in Fish Oil by Gas Chromatography. *Food Chemistry*, 106(4), 1344–1350.
- Nursia, N., Suryaningsih, S., Apriadi, D., & Rosalina, A. (2024). Optimalisasi Pengolahan Ikan Tenggiri Menjadi Nugget Untuk Peningkatan Nilai Ekonomis Dan Konsumsi Di Desa Tanah Kuning. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 5(2), 3298–3304.
- Panangan, A. T., Yohandini, H., & Gultom, J. U. (2011). Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Asam Lemak Tak Jenuh Omega-3 dari Minyak ikan Patin (*Pangasius pangasius*) dengan Metoda Kromatogra Gas. *Jurnal Penelitian Sains*, 14(4C).
- Pertiwi, I. R., Sari, Y. W., & Darmayanti, L. (2020). Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Stabilitas Oksidatif Minyak Ikan dalam Proses Mikroenkapsulasi. *Jurnal Teknologi Pangan*, 11(1), 20–27.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., & Suhardi. (1996). *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Universitas Gajahmada.
- Tonon, R. V, Brabet, C., & Hubinger, M. D. (2008). Influence of Process Conditions on The Physicochemical Properties of Acai Powder Produced by Spray Drying. *Journal of Food Engineering*, 88(3), 411–418.
- Yusof, H., Zawawi, N. A., & Tan, S. M. (2012). Development of fish protein powder fish waste using foam-mat freeze drying method. *Food Bioprocess Technology*, 5(2), 374–380.