

**KORELASI KONSENTRASI MALTODEKSTRIN TERHADAP
KARAKTERISTIK SERBUK MINYAK IKAN BANDENG
KOMERSIAL DENGAN METODE *FOAM-MAT FREEZE
DRYING***

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir Program Studi Teknologi Pangan

Oleh:

AMANDITA RAPHAELLA SHIFFA

20.302.0029



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025**

**KORELASI KONSENTRASI MALTODEKSTRIN TERHADAP
KARAKTERISTIK SERBUK MINYAK IKAN BANDENG
KOMERSIAL DENGAN METODE *FOAM-MAT FREEZE
DRYING***

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir Program Studi Teknologi Pangan

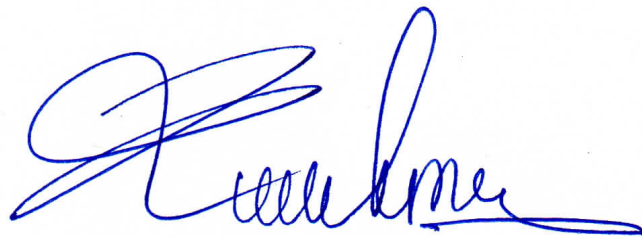
Oleh:

Amandita Raphaella Shiffa

20.302.0029

Menyetujui:

Pembimbing



(Jaka Rukmana, ST., MT)

**KORELASI KONSENTRASI MALTODEKSTRIN TERHADAP
KARAKTERISTIK SERBUK MINYAK IKAN BANDENG
KOMERSIAL DENGAN METODE *FOAM-MAT FREEZE
DRYING***

TUGAS AKHIR

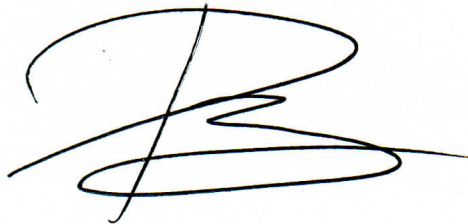
Oleh:

Amandita Raphaella Shiffa

20.302.0029

Menyetujui:

Koordinator Tugas Akhir

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of a large, sweeping 'R' followed by a horizontal line and a small loop at the end.

(Rizal Maulana, S.T. M.T.)

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Fakultas dan Universitas, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dan mengikuti aturan HaKi yang berlaku di Universitas Pasundan. Refersensi ke pustakaan diperkenankan dicatat tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seijin penulis, dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Hasil sitasi penelitian tugas akhir ini dapat ditulis dengan bahasa Indonesia sebagai berikut:

Shiffa, A. R., & Rukmana, J., (2025). Korelasi Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Serbuk Minyak Ikan Bandeng Komersial Dengan Metode Foam-Mat Freeze Drying. Tugas Akhir Program Sarjana, Universitas Pasundan.

Dan bahasa Inggris sebagai berikut,

Shiffa, A.R., & Rukmana, J., (2025). *Correlation of Maltodextrin Concentration to Commercial Milkfish Oil Powder Using Foam-Mat Freeze-Drying Method. Bachelor's Thesis, Pasundan University.*

Memperbanyak hasil atau menampilkan Sebagian atau seluruh tugas akhir adalah seijin Dekan Fakultas Teknik Universitas Pasundan.

ABSTRAK

KORELASI KONSENTRASI MALTODEKSTRIN TERHADAP SERBUK MINYAK IKAN BANDENG KOMERSIAL DENGAN METODE FOAM-MAT FREEZE DRYING

Oleh

Amandita Raphaella Shiffa

20.302.0029

(Program Studi Teknologi Pangan)

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 bandeng, maltodekstrin, serbuk minyak ikan, *foam-mat freeze drying*

ABSTRACT

CORRELATION OF MALTODEXTRIN CONCENTRATION TO COMMERCIAL MILKFISH OIL POWDER USING FOAM-MAT FREEZE-DRYING METHOD

By

Amandita Raphaella Shiffa

20.302.0029

(Department of Food Technology)

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 aims to analyze the correlation between maltodextrin concentration and the characteristics of commercial powdered milkfish oil, in order to produce a stable, high-quality, and user-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, and color parameters (L^ , a^* , and b^*). Based on 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, red-green color value (a^*), and yellow-blue color value (b^*).*

Further studies using different coating materials and additional analysis are recommended to comprehensively evaluate the effects of the Foam-Mat Freeze-Drying method on product quality.

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

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatu

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan petunjuk, rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Usulan Penelitian dengan judul “Korelasi Konsentrasi Maltodeskrin Terhadap Karakteristik Serbuk Minyak ikan bandeng komersial Dengan Metode *Foam-Mat Freeze Drying*”.

Berkat bimbingan dan pengarahan serta bantuan dari berbagai pihak dalam penyusunan Usulan Penelitian, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Jaka Rukmana, ST., MT, selaku pembimbing utama dan ketua program studi Teknologi Pangan Universitas Pasundan, yang telah memberikan perhatian, bimbingan, dan pengarahan selama penulis melakukan Usulan Penelitian ini.
2. Rizal Maulana, S.T. M.T., selaku Koordinator Kerja Praktek dan Tugas Akhir Program Studi Teknologi Pangan Universitas Pasundan Bandung.
3. Nabila Marthia, S.T. M.Si.P., selaku dosen penguji 1, yang telah memberikan waktu, perhatian, dan masukan yang sangat berharga selama tugas akhir.
4. Ir. Yusep Ikhrwan, M.Sc., Ph.D. selaku dosen penguji 2, atas saran dan kritik konstruktif yang diberikan dalam Tugas Akhir ini.

5. Kedua orang tua tercinta yakni Ayah dan Mama yang selama ini tidak henti-hentinya memberikan doa, restu, nasihat, perhatian, semangat dan kasih sayang kepada penulis.
6. Adik tersayang yang selama ini tidak henti-hentinya selalu memberikan semangat dan kasih sayang kepada penulis.
7. Keluarga besar yang selama ini memberikan doa, restu, perhatian, semangat dan kasih sayang kepada penulis.
8. Teman-teman saya yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang selalu memberikan dukungan, semangat, saran perhatian kepada penulis selama menyelesaikan laporan usulan penelitian ini.

Semoga Allah SWT membalas seluruh kebaikan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik, Aamiin. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Usulan Penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata kesempurnaan. Untuk itu penulis membuka diri terhadap kritik dan saran-saran yang membangun.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Kerangka Pemikiran	4
1.6. Hipotesis Penelitian	8
1.7. Tempat dan Waktu Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Minyak Ikan Bandeng	10
2.2. Tween 80	13
2.3. Maltodesktrin	15
2.4. Lesitin	16
2.5. CMC	17
2.6. Metode Foam-Mat Freeze Drying	18
2.7. Regresi Linear	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1. Bahan dan Alat	24
3.1.1. Bahan	24
3.1.2. Alat	24
3.2. Metode Penelitian	25
3.2.1. Penelitian Pendahuluan	25
3.2.2. Rancangan Perlakuan	25

3.2.3. Rancangan Percobaan	26
3.2.4. Rancangan Analisis.....	27
3.2.5. Analisis Respon	28
3.3. Prosedur Penelitian.....	28
3.4. Jadwal Penelitian.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1. Penelitian Pendahuluan.....	34
4.1.1. Kadar Air	34
4.1.2. Kadar Lemak.....	35
4.1.3. Kadar Angka Peroksida.....	36
4.1.4. Kadar Omega 3-6-9.....	37
4.1.5. Warna	38
4.2. Penelitian Utama	39
4.2.1. Kadar Air	39
4.2.2. Kadar Lemak.....	42
4.2.3. Kadar Angka Peroksida.....	44
4.2.4. Kadar Omega 3-6-9.....	47
4.2.5. Warna	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	65

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Syarat Mutu Minyak Ikan Murni	11
Tabel 2. Panduan Minyak Ikan Kasar	12
Tabel 3. Tingkat Hubungan Koefisien Korelasi	23
Tabel 4. Contoh Formulir Pengamatan	25
Tabel 5. Jadwal Penelitian	33
Tabel 6. Hasil Analisis Pendahuluan	34
Tabel 7. Hasil Akhir Analisis Utama Kadar Air	39
Tabel 8. Hasil Akhir Analisis Utama Kadar Lemak	42
Tabel 9. Hasil Akhir Analisis Utama Kadar Angka Peroksida	44
Tabel 10. Hasil Akhir Analisis Utama Kadar Omega 3-6-9	47
Tabel 11. Hasil Akhir Analisis Utama Warna	53
Tabel 12. <i>Summary Output</i> Kadar Air	67
Tabel 13. <i>Summary Output</i> Kadar Lemak	69
Tabel 14. <i>Summary Output</i> Kadar Angka Peroksida	72
Tabel 15. <i>Summary Output</i> Kadar Omega 3	75
Tabel 16. <i>Summary Output</i> Kadar Omega 6	76
Tabel 17. <i>Summary Output</i> Kadar Omega 9	77
Tabel 18. <i>Summary Output</i> L* (Kecerahan)	79
Tabel 19. <i>Summary Output</i> a* (Merah-Hijau)	80
Tabel 20. <i>Summary Output</i> b* (Kuning-Biru)	81
Tabel 21. <i>Summary Output</i> ΔE (Perubahan Warna)	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Minyak Ikan	10
Gambar 2. Tween 80.....	13
Gambar 3. Maltodeskrin	15
Gambar 4. Lesitin	16
Gambar 5. CMC	18
Gambar 6. Mesin <i>Freeze Dryer</i>	19
Gambar 7. Diagram Alir Penelitian Pendahuluan	30
Gambar 8. Diagram Alir Persiapan Bahan Baku.....	31
Gambar 9. Diagram Alir Pembuatan Serbuk Minyak Ikan Bandeng Komersial ..	32
Gambar 10. Kurva Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Kadar Air	39
Gambar 11. Kurva Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Kadar Lemak.....	42
Gambar 12. Kurva Hubungan Kosentrasi Maltodekstrin Kadar Angka Peroksida	45
Gambar 13. Kurva Hubungan Kosentrasi Maltodekstrin Kadar Omega 3	47
Gambar 14. Kurva Hubungan Kosentrasi Maltodekstrin Kadar Omega 6	49
Gambar 15. Kurva Hubungan Kosentrasi Maltodekstrin Kadar Omega 9	50
Gambar 16. Kurva Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Kecerahan (L*)	53
Gambar 17. Kurva Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin a* (Merah-Hijau).....	54
Gambar 18. Kurva Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin b* (Kuning-Biru).....	55
Gambar 19. Kurva Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin ΔE	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur dan Hasil Akhir Penelitian Analisis Kadar Air	65
Lampiran 2. Prosedur dan Hasil Akhir Penelitian Kadar Lemak	68
Lampiran 3. Prosedur dan Hasil Akhir Penelitian Kadar Angka Peroksida	70
Lampiran 4. Prosedur dan Hasil Akhir Penelitian Kadar Omega-3,6,9.....	73
Lampiran 5. Prosedur dan Hasil Akhir Analisis Uji Warna (L^* , a^* , b^*).....	78
Lampiran 6. Formulasi Serbuk Minyak ikan bandeng komersial	83
Lampiran 7. Rancangan Kebutuhan Bahan dan Anggaran	84
Lampiran 8. Dokumentasi Proses Pembuatan Serbuk Minyak Ikan Bandeng.....	85

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai: (1) Latar Belakang, (2) Identifikasi Masalah, (3) Maksud dan Tujuan Penelitian, (4) Manfaat Penelitian, (5) Kerangka Pemikiran, (6) Hipotesis Penelitian, dan (7) Tempat dan Waktu Penelitian.

1.1. Latar Belakang

Minyak ikan dikenal sebagai sumber yang kaya akan asam lemak omega-3, khususnya EPA dan DHA, yang memiliki berbagai manfaat kesehatan, termasuk mendukung kesehatan jantung, otak, dan kekebalan tubuh (Panangan et al., 2011). Salah satu jenis ikan yang sering digunakan sebagai sumber minyak ikan adalah ikan bandeng (*Chanos chanos*), yang banyak ditemukan di perairan Indonesia (Bink et al., 2018).

Minyak ikan bandeng dipilih karena memiliki konsentrasi asam lemak omega-3 yang cukup tinggi, yaitu sebesar 19,56%. Hal ini lebih tinggi dibandingkan dengan jenis ikan lain seperti ikan kembung (*Rastrelliger spp.*) yang mengandung asam lemak omega-3 sebesar 2,2% per 100 gram (Agustini et al, 2010; Nursia et al, 2024).

Namun, masalah utama dalam pengolahan minyak ikan adalah stabilitasnya, baik dari segi rasa, bau, maupun nilai gizinya yang mudah terdegradasi oleh faktor lingkungan seperti suhu, cahaya, dan oksigen (Binks et al., 2018). Proses oksidasi adalah salah satu faktor yang menyebabkan rusaknya kandungan nutrisi dalam minyak ikan. Pembentukan busa menggunakan maltodekstrin dapat mencegah

oksidasi dengan membatasi kontak antara minyak dan oksigen. Busa yang terbentuk juga menstabilkan emulsi, mencegah pemisahan minyak, dan memperpanjang masa simpan produk (Jafari et al., 2008).

Penting untuk mengubah minyak ikan bandeng komersial menjadi bentuk yang stabil dan mudah digunakan, seperti bubuk atau serbuk, agar tetap segar dan lebih lama serta memudahkan orang untuk menggunakannya. Proses pengeringan *spray drying* dan *freeze drying* adalah dua metode umum yang biasa digunakan dalam pengolahan minyak ikan menjadi serbuk. *Spray drying* adalah proses yang cepat dan efisien, namun dapat menurunkan kualitas produk akibat suhu tinggi yang digunakan, yang dapat merusak kandungan nutrisi penting dalam minyak ikan. Sementara itu, *freeze drying* adalah proses pengeringan yang menggunakan suhu rendah untuk menjaga kandungan nutrisi dan kualitas produk, namun memiliki biaya dan waktu yang lebih tinggi (Gouveia et al, 2020).

Metode *Foam-Mat Freeze Drying* adalah pengeringan dingin yang menggunakan pembentukan busa pada bahan yang akan dikeringkan. Busa ini dapat dibentuk dengan menambahkan bahan seperti maltodekstrin untuk meningkatkan kestabilan busa, mencegah minyak dari pemisahan selama proses pengeringan, dan mempersingkat waktu pengeringan (Jafari et al., 2008). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji korelasi konsentrasi maltodekstrin terhadap karakteristik serbuk minyak ikan bandeng yang dihasilkan, seperti daya simpan, kelarutan, tekstur, dan kandungan gizi.

Penggunaan metode ini dipilih karena mampu menghasilkan produk serbuk dengan kualitas yang lebih baik, terutama dalam mempertahankan kandungan nutrisi dan karakteristik fisik minyak ikan, seperti rasa dan bau. Dengan menggunakan metode ini, minyak ikan bandeng dapat dikeringkan menjadi serbuk tanpa kehilangan kandungan asam lemak esensial, yang seringkali menjadi kendala dalam pengolahan minyak ikan.

Korelasi konsentrasi maltodekstrin terhadap karakteristik serbuk minyak ikan bandeng komersial perlu dipelajari lebih lanjut agar dapat menghasilkan formulasi yang ideal. Konsentrasi yang tepat dari bahan ini sangat penting untuk mencapai serbuk minyak ikan bandeng komersial yang memiliki sifat stabil dan dapat diterima oleh konsumen. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menambah pengetahuan tentang korelasi variasi konsentrasi maltodekstrin terhadap karakteristik serbuk minyak ikan bandeng komersial yang dihasilkan melalui metode *Foam-Mat Freeze Drying*.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian dalam latar belakang penelitian, maka masalah yang dapat diidentifikasi yaitu bagaimana korelasi konsentrasi maltodekstrin terhadap karakteristik serbuk minyak ikan bandeng komersial menggunakan metode *Foam-Mat Freeze Drying*.

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui korelasi konsentrasi Maltodekstrin terhadap karakteristik serbuk minyak ikan bandeng komersial menggunakan metode *Foam-Mat Freeze Drying*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan produk serbuk minyak ikan bandeng komersial dengan karakteristik yang baik.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk memberikan informasi mengenai cara pembuatan serbuk minyak ikan bandeng komersial menggunakan metode *Foam-Mat Freeze Drying*.
2. Untuk memberikan informasi konsentrasi maltodesktrin yang tepat pada pembuatan serbuk minyak ikan bandeng komersial menggunakan metode *Foam-Mat Freeze Drying*.
3. Untuk menambah inovasi baru terhadap metode pembuatan serbuk minyak ikan bandeng komersial.

1.5. Kerangka Pemikiran

Minyak ikan mengandung omega-3 dan didalamnya terkandung asam lemak essensial yang tidak dapat diproduksi secara alami oleh tubuh. Minyak ikan memiliki kandungan vitamin A dan D, dua jenis vitamin yang larut dalam lemak dengan jumlah tinggi (Apituley, et, al., 2020). Minyak ikan mudah rusak dan kehilangan kualitas dan nilai gizinya karena sifatnya yang bereaksi dengan udara

(Alasalvar, 2008). Maka upaya kendala tersebut dengan dilakukannya pengeringan terhadap minyak ikan bandeng komersial tersebut.

Berdasarkan SNI 8467:2018 tentang syarat mutu minyak ikan murni disebutkan bahwa syarat mutu bilangan iod adalah >120 m/yod, bilangan peroksida <5 mEq/kg, dan total oksidasi yang dimiliki <26 mEq/kg. Selain itu, panduan minyak kasar air dan kotoran sebesar 0,5-1 % dan bilangan peroksida sebesar 3-20 meq/mg (Estiasih, 2009). Penelitian lainnya yang telah dilakukan, hasil uji angka peroksida pada minyak ikan bandeng kasar adalah 13,80 meq/kg (Aditia, et al., 2014).

Karakteristik serbuk yang baik diantaranya memiliki kadar air yang rendah yaitu di bawah 5-6% untuk mencegah kerusakan mikroba, degradasi komponen sensitif seperti omega-3, dan mengurangi resiko oksidasi (Kumar et al, 2017). Serbuk yang baik juga memiliki higroskopisitas yang rendah agar tidak menyerap kelembaban berlebihan dari udara yang dapat menyebabkan penggumpalan atau penurunan kualitas produk (Pratibha et al, 2020). Selain itu, serbuk yang baik harus mudah larut atau terdispersi dengan baik dengan tekstur halus dan densitas yang sesuai untuk memastikan kelarutan dan kemudahan penggunaan (Bhandari et al, 2007).

Foam-Mat Freeze Drying adalah metode pengeringan yang menggabungkan teknik *foam-mat* dan *freeze drying* untuk menghasilkan produk berbentuk serbuk dengan kandungan air yang sangat rendah dan stabilitas yang tinggi. Proses ini melibatkan pembentukan busa dari bahan cair yang akan

dikeringkan, yang kemudian dibekukan dan dikeringkan dengan teknik *freeze drying* untuk menghilangkan air tanpa memanaskan produk secara langsung, sehingga mempertahankan kualitas gizi dan komponen bioaktif yang sensitif terhadap panas. Metode ini sering digunakan dalam pengolahan bahan-bahan yang sensitif terhadap panas, seperti jus buah, dan bahan makanan lainnya. Selain itu, digunakan untuk mengolah produk-produk nutrisi atau suplemen yang memerlukan pengeringan dengan tingkat kerusakan minimal pada komponen gizi (Yusof et al., 2012).

Penelitian yang dilakukan oleh Afifah (2016), dimana mengolah *crude* albumin ikan gabus menjadi serbuk menggunakan metode *Foam-Mat Drying* digunakan pada *crude* albumin ikan gabus sebanyak 100 ml, kemudian ditambahkan Tween 80 sebanyak 0,5% yang berfungsi sebagai *foaming agent*, maltodekstrin dengan variasi konsentrasi 5%, 10%, dan 15%.

Berdasarkan dari penelitian Yogaswara (2008), formulasi yang memiliki kestabilan emulsi terbaik dalam pembuatan mikrokapsul minyak ikan dengan metode *freeze drying* yaitu penambahan lesitin 5%, CMC 10%, dan kombinasi gum arab dan gelatin 70% (rasio 75:25). Lesitin berperan sebagai emulsifier, Gum arab dan gelatin sebagai bahan penyalut, dan CMC sebagai bahan penstabil. Hasil dari penelitian tersebut menghasilkan mikrokapsul yang kurang baik dengan rendemen rendah sebesar 25,31% maka perlu dilakukan penelitian lain dengan bahan penyalut yang lebih baik.

Maltodekstrin berfungsi sebagai bahan pengikat dan pengisi dalam formulasi serbuk. Maltodekstrin mampu membentuk matriks yang kokoh, menyerap air, dan mencegah penggumpalan pada serbuk yang dihasilkan. Penggunaan maltodekstrin juga mempengaruhi kemampuan larut serbuk dalam air serta tekstur serbuk minyak ikan (Pratima, 2011).

Mekanisme maltodekstrin diawali dengan lapisan film yang menyelimuti minyak, sehingga meminimalkan kontak langsung dengan oksigen. Struktur polisakarida maltodekstrin bersifat hidrofilik, sehingga mengikat air dan membatasi reaksi hidrolisis dan oksidasi. Maltodekstrin membantu membentuk struktur busa stabil yang mempercepat sublimasi, mengurangi waktu paparan terhadap udara selama pengeringan. Busa ini memperluas luas permukaan bahan, sehingga air lebih mudah menguap saat sublimasi.

Maltodekstrin dengan DE rendah (1-10) memiliki kemampuan untuk melindungi minyak dari oksidasi karena strukturnya yang lebih kompleks dan kemampuan membentuk lapisan pelindung pada permukaan minyak (Jiang et al., 2020). Maltodekstrin dengan DE tinggi (20-50) lebih larut dalam air dan cenderung tidak memberikan perlindungan yang sama terhadap oksidasi minyak, karena lebih cepat terlarut dan dapat mempercepat degradasi minyak melalui peningkatan kontak dengan oksigen (Shahidi & Han, 2016).

Konsentrasi maltodekstrin di bawah 10%, mungkin tidak cukup untuk memberikan kestabilan yang diperlukan untuk menjaga emulsifikasi minyak ikan, yang dapat mengarah pada penurunan kualitas dan daya simpan produk.

Konsentrasi 10 - 20%, maltodekstrin memberikan keseimbangan yang baik antara pengikat dan kestabilan emulsi, serta menghasilkan serbuk yang lebih stabil dengan tekstur yang lebih baik. Namun, jika konsentrasi maltodekstrin melebihi 20%, tekstur produk bisa menjadi terlalu padat dan sulit larut, yang dapat mempengaruhi kelarutan minyak ikan (Santos et al., 2020).

Maltodekstrin biasanya dilarutkan dalam air panas agar dapat larut dengan sempurna sebelum dicampurkan dengan bahan lainnya (Li et al., 2021). Tween 80 juga sebaiknya dilarutkan dalam air panas untuk memastikan bahwa dapat terdispersi dengan baik (Mei et al., 2017). Lesitin, dalam bentuk padat, biasanya dilarutkan dalam minyak panas agar dapat terdistribusi dengan merata dalam campuran. Namun, jika lesitin yang digunakan sudah berbentuk cair bisa langsung digunakan (Siddiqui et al., 2018). CMC sebagai bahan pengental, harus dilarutkan dalam air dingin atau air pada suhu sedang, kemudian diaduk hingga larut sempurna sebelum dicampurkan (El-Ghorab et al., 2020).

Pengeringan dengan *freeze drying* pada minyak ikan didapatkan bahwa suhu pada tahap *primary drying* antara -40°C hingga -50°C, dengan tekanan vakum 1-100 mTorr, dan waktu sublimasi pada tahap pertama adalah 12-24 jam, sementara waktu pengeringan sekunder bisa memakan waktu 4-6 jam pada suhu -10°C hingga -20°C (Farahmandfar et al, 2020).

1.6. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka penelitian diatas maka diperoleh hipotesis yaitu diduga bahwa konsentrasi dari maltodekstrin memiliki korelasi terhadap

karakteristik serbuk minyak ikan bandeng komersial menggunakan metode *Foam-Mat Freeze Drying*.

1.7. Tempat dan Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan November 2024 hingga selesai dan tempat penelitian dilaksanakan di dua tempat yaitu Kampus IV Universitas Pasundan, Jalan Dr. Setiabudi No. 193, Bandung, dan Jl. Palem, Kampus IPB, Dramaga, Bogor.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai: (1) Minyak ikan bandeng komersial, (2) Tween 80, (3) Maltodeskrin, (4) Lesitin, (5) CMC, (6) Metode Foam-Mat Freeze Drying, dan (7) Regresi Linear.

2.1. Minyak Ikan Bandeng

Minyak ikan bandeng (*Chanos chanos*) adalah minyak yang diperoleh dari prosedur ekstraksi lemak ikan bandeng. Ikan ini merupakan salah satu ikan laut yang paling banyak ditemui di daratan Indonesia. Menurut Simopoulos, minyak ikan bandeng mengandung asam lemak omega-3, terutama asam *eicosapentaenoic* (EPA) dan *docosahexaenoic acid* (DHA). Kandungan tersebut bermanfaat untuk pencernaan, jantung, otak, serta antiinflamasi (Simopoulos, 2016).



Gambar 1. Minyak Ikan

Sumber: blackmores.co.id

Komposisi kimia yang dimiliki sangat bervariasi dan tergantung pada berbagai faktor seperti jenis ikan, umur, serta jenis pengolahan Ikan itu. Secara keseluruhan, minyak ikan bandeng mengandung 20-30% asam lemak jenuh, 10-15% asam lemak tak jenuh tunggal, dan sekitar 50-60% asam lemak tidak jenuh ganda, terutama Omega-3 (Shahidi, 2018). Selain itu, minyak ikan bandeng juga

mengandung Vitamin A, D serta beberapa komponen bioaktif seperti antioksidan yang mempengaruhi kesehatan manusia (Jiang et al., 2020).

Berdasarkan SNI 8467:2018 dan Estiasih (2009), menyebutkan syarat mutu minyak ikan murni dan panduan minyak ikan kasar.

Tabel 1. Syarat Mutu Minyak Ikan Murni

Parameter Uji	Satuan	Persyaratan
a. Kimia		
- Bilangan iod	m/yod	>120
- Bilangan asam	mg KOH/g	< 3
- Bilangan peroksida	mEq/kg	< 6
- Bilangan anisidine	mEq/kg	< 20
- Total oksidasi	mEq/kg	< 26
b. Cemar Mikrobiologi		
- <i>E.coli</i>	APM/g	< 3
- <i>Salmonella</i>	Per 25 g	Negatif
c. Cemar logam berat		
- Merkuri (Hg)	mg/kg	< 0,1
- Plumbum (Pb)	mg/kg	< 0,1
- Kadmium (Cd)	mg/kg	< 0,1
- Arsen (As)	mg/kg	< 0,1
- Polychlorinated biphenyls (PCB)	mg/kg	Maks 0,09
d. Fisika		
- Benda asing	-	0

(Sumber: SNI 8467: 2018)

Tabel 2. Panduan Minyak Ikan Kasar

Komponen	Kadar
Air dan Kotoran (%)	0,5-1
Asam lemak bebas, % oleat	1-7, biasanya 2-5
Bilangan Peroksida, mek/mg	3-20
Bilangan anisidine	4-60
Bilangan Totoks	10-60
Bilangan Iodin	
- Ikan capelin	95-160
- Ikan haring	115-160
- Ikan menhaden	120-200
- Ikan sardine	160-200
- Ikan anchovy	180-200
- Ikan jack mackerel	160-190
- Ikan lele laut	150-190
Warna, standar Gardner	<14
Besi, ppm	0,5-7,0
Tembaga, ppm	<0,3
Fosforus, ppm	5-100

(Sumber: Estiasih, 2009)

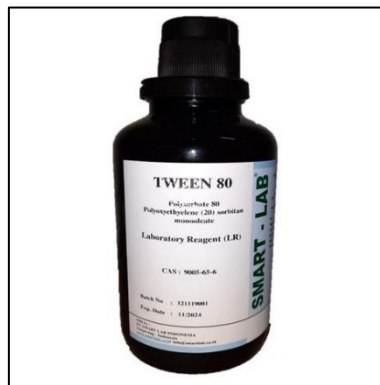
Pengolahan minyak ikan biasanya dilakukan dengan cara pemasakan atau pemanasan agar minyak dapat terlepas dari jaringan tubuh ikan. Selanjutnya, minyak tersebut kemudian akan di saring untuk menyingkirkan kotoran dan kontaminan yang terdapat di dalamnya. Salah satu tantangan dalam pengolahan minyak ikan adalah menjaga kualitas minyak agar tidak teroksidasi atau rusak oleh panas yang tinggi. Oksidasi minyak ikan dapat menyebabkan penurunan kandungan omega-3 dan pembentukan senyawa yang tidak diinginkan, seperti peroksida, yang dapat mempengaruhi rasa dan bau (Santos et al., 2017).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pengolahan minyak ikan bisa dilakukan dengan metode ekstraksi. Teknologi *cold-press* atau metode ekstraksi

dengan pelarut yang tepat dapat membantu mempertahankan kualitas dan kandungan bioaktif dalam minyak ikan bandeng (O'Brien, 2010).

2.2. Tween 80

Tween 80 adalah surfaktan non ionik yang memiliki dua gugus dalam satu molekulnya, yaitu gugus hidrofobik dan hidrofilik yang dapat membentuk busa. Tween 80 merupakan kelompok ikatan sorbitan ester yang dibentuk oleh reaksi antara sorbitol dan asam lemak juga etilen oksida sehingga membentuk senyawa dengan lapisan yang aktif (Isabella, 2022).



Gambar 2. Tween 80

Sumber: Tokopedia.com

Menurut Isabella (2018) dan Lestari (2024), Tween memiliki beberapa jenis dengan fungsi yang berbeda tergantung pada nilai HLB-nya. Hydrophilic Lipophilic Balance (HLB) adalah nilai untuk mengukur efisiensi surfaktan, semakin tinggi nilai HLB surfaktannya maka semakin tinggi nilai kepolarannya. Berikut beberapa jenis Tween:

1. Tween 20, sering digunakan pada produk kosmetik

2. Tween 40, banyak digunakan di industri tekstil dan kosmetik dan dapat juga digunakan pada industri pangan.
3. Tween 65, sering digunakan pada industri pangan.
4. Tween 80, sering digunakan pada industri pangan dimana memiliki nilai HLB 15 yang sifatnya cenderung larut dalam air, tidak menimbulkan alergi, tidak berbau, dapat menghasilkan busa yang stabil, dan menaikkan laju kelarutan produk.

Pengaplikasian tween 80 pada produk pangan dapat memperluas permukaan, menurunkan tegangan permukaan, meningkatkan rongga, mengembangkan bahan, mempercepat penguapan air, dan menjaga mutu bahan. Penggunaan tween 80 pada pangan akan meningkatkan stabilitas makroemulsi dengan cara meningkatkan tegangan permukaan dan tegangan antarmuka pada saat pembusaan berlangsung.

Menurut Lestari (2024), teknik pembentukan busa pada pangan oleh tween 80 bisa didapatkan melalui dua teknik, diantaranya yaitu:

1. Perlakuan mekanis pengadukan (beating).

Teknik ini dilakukan dengan mengaduk cairan di udara terbuka, sehingga memungkinkan banyak udara masuk. Akibat agitasi (dinamika pergerakan adonan secara terus-menerus) udara yang telah terperangkap akan membentuk gelembung-gelembung kecil. Dimana intensitas pembentukan gelembung ini berbanding lurus dengan kecepatan pengadukan. Teknik ini memungkinkan lebih banyak gas

yang terperangkap dan terdispersi dalam adonan sehingga memudahkan proses foaming.

2. Perlakuan mekanis pengguncangan (*Shaking*).

Teknik ini agak lebih sulit dilakukan, hal ini karena tingkat pembentukan busa berlangsung lebih lambat dalam kondisi yang sama. Faktor yang harus dipertimbangkan pun lebih banyak, seperti frekuensi guncangan, bentuk wadah yang harus sesuai, volume cairan, suhu, serta kandungan protein.

2.3. Maltodeskrin

Maltodekstrin adalah bahan tambahan makanan yang termasuk dalam hidrokoloid yang cepat larut pada air dingin dan terbentuk dari gula sederhana dan turunannya (mono- dan disakarida). Maltodekstrin mempunyai kemampuan dalam menghidrasi molekul struktural pada bahan ketika dikeringkan karena maltodekstrin adalah salah satu *drying agent* atau bahan penolong pada pengeringan (Erfianti, 2023).



Gambar 3. Maltodeskrin

Sumber: PT Graha Jaya Chemical

. Maltodekstrin dapat digunakan sebagai *drying agent* karena memiliki kemampuan dalam menghidrasi molekul struktural saat proses pengeringan pada bahan. Bahan ini berasal dari turunan pati hasil degradasi rantai amilosa dan amilopektin secara kimiawi atau enzimatis menjadi dekstrin dan memiliki DE 3-20 (Erfianti, 2023).

Menurut Gabriela (2020), Pengolahan serbuk dibutuhkan bahan pengisi seperti maltodekstrin. Kegunaan maltodekstrin yaitu untuk mempercepat pengeringan, mencegah kerusakan bahan, melapisi komponen flavor dan mudah pemeliharannya.

2.4. Lesitin

Emulsi adalah campuran dua cairan yang biasanya tidak dapat bercampur, seperti minyak atau lemak dengan air, sehingga diperlukan zat yang dapat menyatukan keduanya, yang disebut pengemulsi atau emulsifier. Emulsi bertujuan untuk menghasilkan campuran homogen dari dua atau lebih fase yang tidak dapat dicampur (Alfarizi, 2024).



Gambar 4. Lesitin

Sumber: Bukalapak.com

Lesitin (pospaditil-kolin) yang memiliki gugus bipolar yaitu eser fosfat yang bersifat polar (hidrofilik) dan dua rantai asam lemak yang bersifat non-polar (hidrofobik). Lesitin adalah pengemulsi alami yang sering digunakan dalam berbagai sektor, termasuk farmasi, kosmetik, dan makanan. Emulsi ini terdiri dari campuran fosfolipida alami yang kompleks. Lesitin kedelai digunakan pada berbagai produk pangan karena memiliki sifat pengemulsi yang baik untuk menstabilkan minyak dalam formulasi, meningkatkan distribusi minyak dalam air, serta membantu pengeringan dalam bentuk serbuk. (Alfarizi, 2024).

2.5. CMC

Sodium Carboxymethyl Cellulose atau CMC merupakan polimer anionik yang memiliki struktur linier dan larut dalam air. CMC terbentuk ketika asam chloroasetat atau garam sodium direaksikan dengan alkali selulosa. CMC tersusun dari dua unit β -D-Glukosa dan β -D-piranos 2-0- Carboxymethyl Garam sodium. Modifikasi selulosa menjadi CMC melibatkan 2 tahap reaksi yaitu alkalisasi dan karbosimetilasi, proses yang lain meliputi pemanasan, netralisasi, pemurnian yang meliputi pencucian dan pengeringan. Proses alkalisasi dan netralisasi merupakan tahapan proses yang menentukan karakteristik CMC yang dihasilkan (Ferdiansyah et. al, 2017).



Gambar 5. CMC

Sumber: Tokopedia.com

CMC secara luas digunakan sebagai anti caking agen, emulsifier, stabilizer, agen dispersi, pengental, pensalut dan sebagai coating atau edible film. Aplikasinya sebagai bahan tambahan pangan antara lain pada pembuatan sosis, kue/roti, saos, sirup, dan *beverage* (Ferdiansyah, et.al. 2017). CMC juga merupakan bahan tambahan pangan yang digunakan sebagai penstabil busa dalam pembuatan produk bubuk atau serbuk pada metode *Foam-Mat Drying* (Umah, 2021).

2.6. Metode Foam-Mat Freeze Drying

Metode *Foam-Mat Freeze Drying* yaitu penggabungan metode *foam-mat* dan *freeze drying* untuk membuat produk dari bentuk cair menjadi produk pangan padat atau kering. *Foam-Mat Freeze Drying* memiliki tujuan untuk mengeringkan pangan dari bentuk cair, Menurunkan waktu selama kondisi vakum pada *freeze drying*, dan mempertahankan nutrisi dan fitokimia pada produk akhir (Darniadi, 2020).

Foam-Mat Drying merupakan metode pengeringan dengan cara membuat bahan pangan menjadi busa terlebih dengan memberikan zat pembusa. Permukaan bahan yang lebih luas akibat terciptanya busa menyebabkan suhu pengeringan yang

digunakan menjadi lebih rendah dan proses keluarnya air dari dalam bahan menjadi lebih cepat. Penggunaan suhu yang rendah membuat hasil pengeringan busa memiliki warna dan rasa yang cukup baik. Biaya yang dikeluarkan pun akan lebih rendah karena membutuhkan energi yang lebih kecil (Habibi, 2019).

Freeze drying atau pengeringan beku merupakan salah satu contoh teknik pengolahan pangan dengan prinsip non termal. Teknik ini dilakukan dengan menghilangkan kandungan air di dalam produk pangan melalui pembekuan, kemudian dilakukan sublimasi untuk mengubah fase padat (air) menjadi gas dengan mengendalikan suhu dan tekanan pada pengolahannya. Pengeringan jenis ini dinilai mempunyai kelebihan dalam mempertahankan mutu dari produk, baik dari karakteristik sensorik, nilai gizi, fisik maupun kimia dibanding dengan pengeringan biasa yang menggunakan termal (Habibi, 2019).



Gambar 6. Mesin *Freeze Dryer*

Sumber: Laboratorium UPI Bandung

Menurut Darniadi (2020), *Foam-Mat Freeze Drying* memiliki 4 tahap utama, diantara yaitu sebagai berikut:

1. Penambahan zat pembusa dan zat penstabil busa ke dalam produk cair, dan mengocok campuran untuk membentuk *foam* stabil menggunakan mixer atau blender. Proses Pengocokan dilakukan pada temperature kamar dengan kecepatan 3000 – 4000 rpm selama 3 – 7 menit.
2. Membekukan lapisan foam tipis.
3. Proses *Freeze Drying Foam* untuk menghasilkan lapisan *foam* kering menggunakan *freeze dryer*
4. Menghancurkan dan menghaluskan lapisan foam kering untuk menghasilkan *free flowing powder*.

2.7. Regresi Linear

Analisis regresi adalah metode statistika yang digunakan untuk mengeksplorasi dan memodelkan hubungan antara variabel-variabel. Metode ini melibatkan dua komponen utama yang saling terkait, yaitu variabel respons dan variabel prediktor. Variabel respons sering juga disebut sebagai variabel terikat, variabel dependen, atau variabel tidak bebas, sementara variabel prediktor dapat disebut sebagai variabel bebas, variabel independen, atau variabel penjelas. Dalam persamaan regresi, biasanya hanya terdapat satu variabel respons (Efendi, 2020).

Analisis regresi dan korelasi dapat membantu dalam melakukan proyeksi penentuan karakteristik hubungan antar variabel. Analisis korelasi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan seberapa eratny hubungan linier

antara dua variabel. Dalam hal manfaatnya, terdapat perbedaan mendasar serta keterkaitan antara analisis korelasi dan analisis regresi (Susanti, 2019).

Analisis korelasi membantu dalam menilai arah dan kekuatan hubungan antara dua variabel, sementara analisis regresi digunakan untuk memperkirakan seberapa besar perubahan nilai variabel respons jika nilai variabel prediktor diubah. Perbedaan lainnya terletak pada posisi variabel dalam analisis; dalam analisis korelasi, kedua variabel memiliki posisi yang setara, sedangkan dalam analisis regresi (terutama linear sederhana), terdapat perbedaan posisi di mana variabel prediktor mempengaruhi variabel respons (Susanti, 2019).

Menurut Sudjana (2005), Analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah regresi linier sederhana dengan model persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = a + bX$$

Keterangan:

Y = variabel terikat

X = variabel bebas

a = bilangan konstan (intersep garis regresi)

b = koefisien regresi (slope garis regresi)

Koefisien a dan b untuk regresi linier dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$a = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{n \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{n \Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{n[\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2]}}$$

Menurut Sudjana (2005), rancangan analisis dilakukan untuk mencari atau menentukan hubungan antara variabel bebas terhadap variabel terikat akan dilakukan dengan cara menghitung hubungan antara dua variabel tersebut terhadap respon yang diukur. Nilai koefisien hubungan atau r dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$r = \frac{n \Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{n[\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2] [n \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}}$$

Nilai r berada antara -1 s/d 1. Jika $r < 0$ maka terdapat hubungan negatif antara X dan Y yang berarti bahwa jika X semakin besar, maka Y akan semakin kecil dan jika X semakin kecil maka Y akan semakin besar. Jika $r > 0$ maka terdapat hubungan positif antara X dan Y, yang berarti bahwa jika X semakin besar maka akan diikuti Y juga semakin besar dan jika X semakin kecil maka Y juga akan semakin kecil.

Tingkat hubungan koefisien korelasi dibagi beberapa tingkatan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Tingkat Hubungan Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat hubungan
0,01-0,24	Sangat Lemah
0,25-0,49	Lemah
0,50-0,74	Kuat
0,75-0,99	Sangat Kuat
1	Sempurna

(Sumber: Susanti, 2019)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan mengenai: (3.1) Bahan dan Alat, (3.2) Metode Penelitian, (3.3) Prosedur Penelitian, dan (3.4) Jadwal Penelitian.

3.1. Bahan dan Alat

3.1.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam proses pembuatan serbuk minyak ikan bandeng komersial yaitu minyak ikan bandeng. Tween 80 yang digunakan sebagai *foaming agent*, Maltodekstrin yang digunakan sebagai bahan penyalut, Lesitin kedelai sebagai bahan *emulsifier*, CMC sebagai bahan penstabil diperoleh dari Shopee.

Bahan yang digunakan untuk analisis dalam penelitian ini adalah aquadest, KIO_3 , KI, H_2SO_4 6N, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N, asam asetat, CHCl_3 , Amilum, HAc Kloroform, Hanus, Pati, dan N-heksana.

3.1.2. Alat

Alat yang digunakan dalam proses pembuatan serbuk minyak ikan bandeng komersial adalah timbangan digital, *Mixer*, *Freeze Dryer*, mangkuk, blender, dan ayakan 60 *mesh*.

Alat yang digunakan untuk analisis pada penelitian ini yaitu timbangan digital, cawan, oven, labu Erlenmeyer, statif dan klem, kertas karbon, kertas saring, kromatografi, alat Soxhlet, dan alat kromatografi gas.

3.2. Metode Penelitian

3.2.1. Penelitian Pendahuluan

Analisis kadar air, kadar lemak, kadar angka peroksida, kadar omega 3-6-9, dan kecerahan pada minyak ikan bandeng bertujuan sebagai acuan dalam proses pengolahan minyak ikan bandeng menjadi serbuk. Dengan demikian, hasil penelitian pendahuluan akan menjadi referensi dalam memastikan kualitas dan konsistensi produk serbuk minyak ikan bandeng yang dihasilkan.

3.2.2. Rancangan Perlakuan

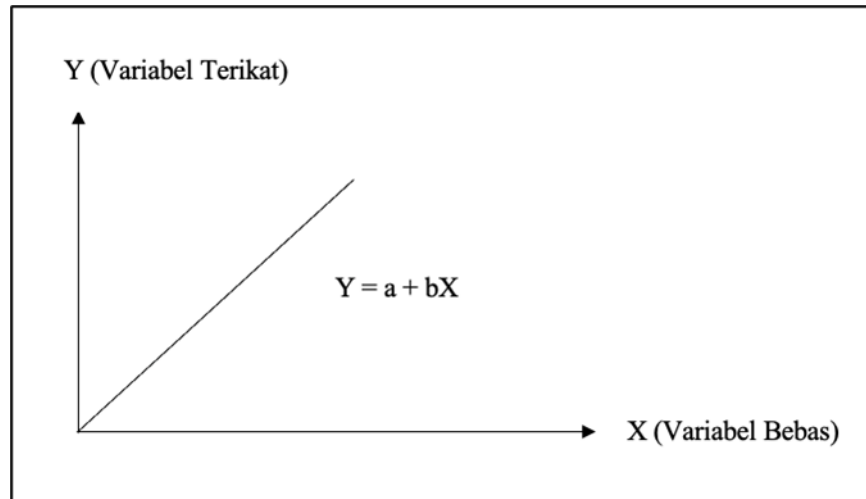
Rancangan perlakuan yang akan digunakan pada penelitian ini terdiri dari 2 variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas (x) di percobaan ini terdiri dari konsentrasi maltodekstrin dengan 4 taraf, yaitu 5% (x1), 10% (x2), 15% (x3), dan 20% (x4). Variabel terikat (y) di percobaan ini terdiri dari metode analisis dengan 5 taraf, kadar air (y1), kadar lemak (y2), kadar angka peroksida (y3), kadar asam lemak omega 3 (y4), dan kecerahan (y5).

Tabel 4. Contoh Formulir Pengamatan

Respon	Konsentrasi Maltodekstrin							
	5%		10%		15%		20%	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Kadar Air								
Kadar Lemak								
Angka Peroksida								
Asam Lemak Omega-3,6,9								
Kecerahan								

3.2.3. Rancangan Percobaan

Setiap data hasil analisis yang diperoleh kemudian diplot ke kurva, sebagai berikut:



Analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah regresi linier sederhana dengan model persamaan regresi sebagai berikut (Sudjana,2005):

$$Y = a + bX$$

Keterangan:

Y = variabel terikat

X = variabel bebas

a = bilangan konstan (intersep garis regresi)

b = koefisien regresi (slope garis regresi)

3.2.4. Rancangan Analisis

Koefisien-koefisien nilai a dan b untuk regresi linier dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$a = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{n \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{n \Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{n[\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2]}}$$

Menurut Sudjana (2005), rancangan analisis dilakukan untuk mencari atau menentukan hubungan antara variabel bebas terhadap variabel terikat akan dilakukan dengan cara menghitung hubungan antara dua variabel tersebut terhadap respon yang diukur. Nilai koefisien hubungan atau r dapat dihitung dengan rumus:

$$r = \frac{n \Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{n[\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2] [n \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}}$$

Nilai r berada antara -1 s/d 1. Jika $r < 0$ maka terdapat hubungan negatif antara X dan Y yang berarti bahwa jika X semakin besar, maka Y akan semakin kecil dan jika X semakin kecil maka Y akan semakin besar. Jika $r > 0$ maka terdapat hubungan positif antara X dan Y, yang berarti bahwa jika X semakin besar maka akan diikuti Y juga semakin besar dan jika X semakin kecil maka Y juga akan semakin kecil.

3.2.5. Analisis Respon

Rancangan respon dalam penelitian yang dilakukan meliputi respon fisik dan respon kimia. Respon fisik pada pengujian ini adalah Uji Kecerahan dengan Kolorimetri (Engelen, 2017) pada setiap produk serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Lalu, Respon kimia pada pengujian ini adalah Uji Kadar Air menggunakan metode gravimetri (Sudarmadji et al, 1996), Uji Kadar Lemak dengan Ekstraksi Soxhlet (Sudarmadji et al, 1996), Uji Angka Peroksida menggunakan metode Iodometri (Husnah et al, 2020), dan Uji Kandungan Asam Lemak Omega-3,6,9 dengan kromatografi gas (Nelson et al, 2008) pada setiap produk serbuk minyak ikan yang dihasilkan.

3.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian korelasi konsentrasi maltodekstrin serbuk minyak ikan bandeng komersial terhadap karakteristik serbuk minyak ikan bandeng komersial dengan metode *Foam-Mat Freeze Drying*.

Prosedur pembuatan serbuk minyak ikan bandeng komersial sebagai berikut.

1. Persiapan Bahan Baku

Maltodekstrin dan Tween 80 dilarutkan dalam air panas bersuhu 40°C-60°C. CMC juga dilarutkan terlebih dahulu dalam air dingin atau air suhu ruang bersuhu 15°C – 25°C. Ketiga bahan tersebut dilarutkan untuk memastikan pencampuran yang merata, meningkatkan kestabilan emulsi, dan mengoptimalkan tekstur serta viskositas campuran dalam formulasi.

2. Pencampuran

Minyak ikan bandeng komersial dilakukan pencampuran bahan Lesitin 5%, CMC 10%, Tween 80 sebanyak 0,5%, dan masing-masing maltodekstrin sebanyak 5%, 10%, 15%, dan 20% dengan menggunakan *Mixer* selama 10 menit sehingga dihasilkan adonan berbentuk *foam*.

3. Pembekuan

Selanjutnya adonan dilakukan pembekuan dalam suhu rendah yaitu -80°C pada *freeze dryer* selama 2 jam.

4. Sublimasi (*Primary Drying*)

Adonan *foam* yang sudah membeku, kemudian dilakukan pengeringan dengan cara sublimasi pada suhu -50°C selama 12 jam. Proses sublimasi ini akan mengubah es menjadi uap tanpa melewati fase cair.

5. Sublimasi Lanjutan (*Secondary Drying*)

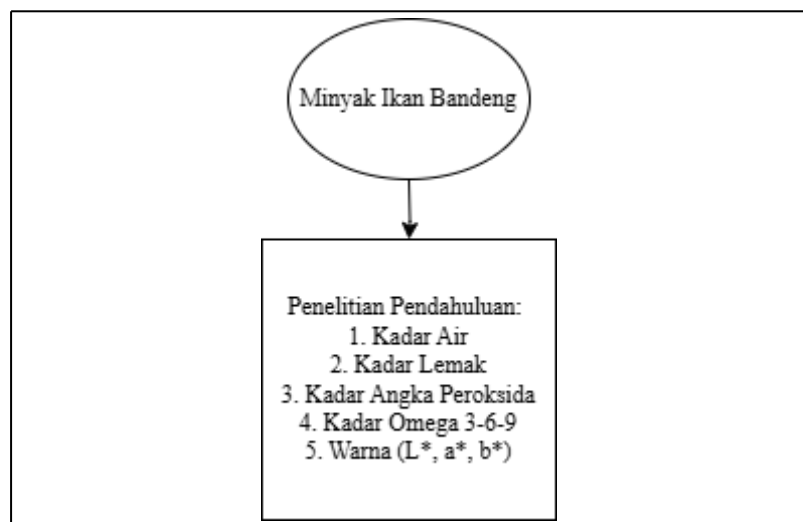
Setelah sebagian besar air telah disublimasikan, serbuk masih mengandung sedikit kelembapan yang harus dihilangkan untuk memastikan stabilitas jangka panjang produk. Proses ini dilakukan pada suhu -30°C dan tekanan vakum rendah yaitu sekitar 1 – 100 mTorr selama 4 jam.

6. Penghancuran

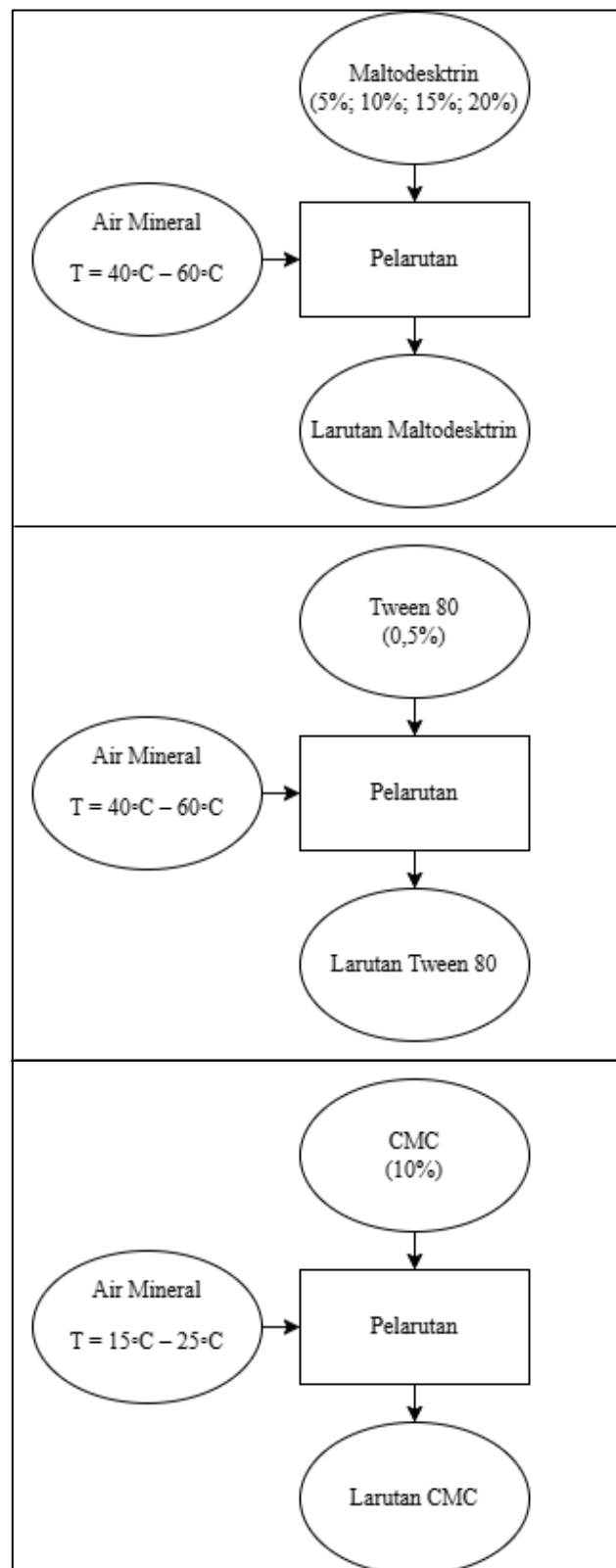
Lalu dilakukan penghancuran menggunakan blender sehingga terbentuk serbuk minyak ikan bandeng komersial.

7. Pengayakan

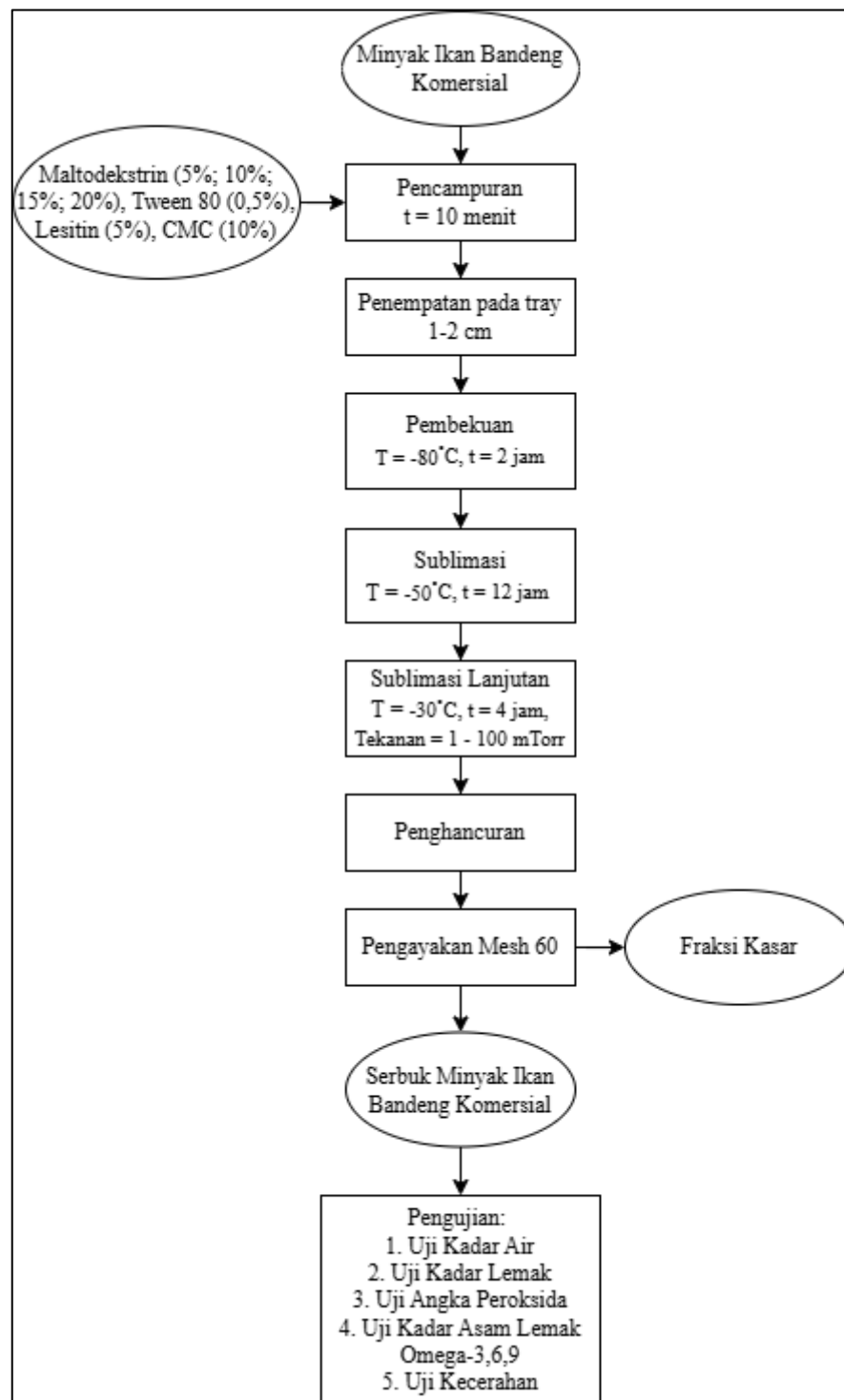
Serbuk minyak ikan bandeng komersial kemudian diayak menggunakan ukuran mesh 60 sehingga ukurannya seragam.



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian Pendahuluan



Gambar 8. Diagram Alir Persiapan Bahan Baku



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian Pembuatan Serbuk Minyak Ikan Bandeng Komersial

3.4. Jadwal Penelitian

Tabel 5. Jadwal Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Waktu Pelaksanaan					
		Oktober 2024	November 2024	Desember 2024	Januari 2025	Februari 2025	Maret 2025
1.	Penyusunan Proposal Usulan Penelitian						
2.	Pengajuan Proposal Usulan Penelitian						
3.	Seminar Usulan Penelitian						
4.	Pelaksanaan Penelitian						
5.	Pengolahan Data						
6.	Sidang Tugas Akhir						

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan mengenai: (4.1) Penelitian Pendahuluan dan (4.2) Penelitian Utama.

4.1. Penelitian Pendahuluan

Data hasil analisis pendahuluan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. 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

4.1.1. Kadar Air

Berdasarkan hasil analisis pendahuluan kadar air, didapatkan hasil bahwa minyak ikan bandeng mengandung kadar air sebesar 4,79%. Kadar air merupakan salah satu parameter yang menentukan kualitas minyak ikan sebelum dilakukan pengeringan.

Nilai tersebut sejalan dengan hasil penelitian Aditia et al (2014) yang menyebutkan kadar air minyak ikan bandeng kasar sebesar 4,62%. Hasil serupa juga ditemukan oleh Wahyuni et al (2018), yang menyebutkan kadar air minyak ikan lele sebesar 4,15%. Hal ini menunjukkan bahwa kadar air tersebut merupakan kondisi umum pada minyak ikan.

Penentuan kadar air pada minyak ikan bandeng ini diperoleh dari metode destilasi. Metode destilasi memiliki prinsip berdasarkan pemisahan air dari minyak melalui pemanasan, di mana uap air yang terbentuk di kondensasi dan di ukur volumenya (Winarno, 2004).

Kadar air yang tinggi bisa menyebabkan penurunan kualitas pada minyak karena dapat terjadi reaksi hidrolisis dan mendukung aktivitas mikroorganisme (Buckley & Morrissey, 2002). Kadar air yang didapatkan pada minyak ikan bandeng komersial ini sebesar 4,79%, hal ini masih berada pada kondisi yang cukup dan dapat diterima dari segi kualitas airnya.

4.1.2. Kadar Lemak

Penentuan kadar lemak pada minyak ikan bandeng diperoleh dengan metode ekstraksi soxhlet. Hasil yang didapatkan yaitu sebesar 92,02%. Nilai ini berada di atas rentang normal yang lazim ditemukan dalam minyak ikan, yang umumnya berkisar antara 80-100% berdasarkan bobot kering (Winarno, 2004).

Metode ekstraksi Soxhlet bekerja dengan melarutkan komponen lemak menggunakan pelarut organik melalui proses pemansan berulang-ulang. Namun, akurasi hasil sangat bergantung pada kondisi analisis, termasuk homogenitas

sampel, kestabilan suhu, dan proses penguapan pelarut. Nilai kadar lemak yang terlalu tinggi dapat juga disebabkan oleh adanya senyawa non-lemak seperti pigmen atau senyawa lipofilik lain yang ikut terekstraksi dan tertimbang sebagai lemak (Sudarmadji et al, 1996).

4.1.3. Kadar Angka Peroksida

Berdasarkan analisis kadar angka peroksida dengan metode iodometri didapatkan hasil kadar angka peroksida sebesar 0,02 meq Peroksida/kg minyak. Menurut SNI 8467:2018 tentang Standar Mutu Minyak Ikan Murni yaitu dibawah 6 meq peroksida/kg minyak. Sehingga dapat disimpulkan jika kadar angka peroksida pada minyak ikan bandeng komersial ini sudah memenuhi standar mutu yang ditentukan.

Kadar angka peroksida ini ditentukan dengan metode titrasi volumetri iodometri, dimana metode ini disebut metode standar untuk analisis oksidasi primer pada minyak dan lemak. Metode ini mereaksikan antara peroksida dengan kalium iodide (KI) dalam suasana asam, lalu menghasilkan iodin bebas (I_2) yang selanjutnya di titrasi dengan natrium tiosulfat menggunakan indikator amilum (Sudarmadji, 1996).

Menurut Winarno (2004), hasil kadar angka peroksida pada minyak ikan bandeng ini dapat disimpulkan bahwa minyak yang diuji masih dalam kondisi segar, tidak tengik, dan belum mengalami degradasi oksidasi. Rendahnya angka peroksida juga menyimpulkan bahwa penyimpanan dan penanganan minyak dalam kondisi

baik, serta belum terkena suhu tinggi atau kontak udara berlebih yang dapat mempercepat proses oksidasi.

4.1.4. Kadar Omega 3-6-9

Berdasarkan analisis pendahuluan kadar omega 3-6-9 dengan metode kromatografi gas didapatkan bahwa minyak ikan bandeng komersial memiliki kadar omega 3 sebesar 16,23%, kadar omega 6 sebesar 5,03%, dan kadar omega 9 sebesar 12,11%.

Kadar Omega 3 ini tergolong tinggi jika dibandingkan dengan beberapa minyak ikan lain seperti minyak ikan lele yang hanya mengandung sekitar 8,41% (Arbianti et al, 2017) atau minyak ikan gabus yang memiliki kadar omega 3 sebesar 6,2% (Suryaningrum et al, 2018). Hal ini menunjukkan bahwa minyak ikan bandeng memiliki potensi yang baik sebagai sumber omega 3.

Penentuan kadar omega 3-6-9 ini menggunakan metode kromatografi gas (GC). Metode ini bisa disebut metode yang sensitif dan akurat dalam memisahkan dan mengartikan senyawa volatil, termasuk metil ester dari asam lemak (FEMA) yang terbentuk dari proses metilasi sebelum analisis (Nelson et al, 2008).

Menurut Simopoulus (2002), kandungan omega 3 yang cukup tinggi memperlihatkan potensi fungsional minyak ini sebagai kaya akan sumber asam lemak esensial. Selain itu, kandungan omega 6 dan omega 9 juga berperan dalam keseimbangan metabolik serta mendukung kestabilan oksidatif minyak. Rasio omega 6 terhadap omega 3 yang berkisar 1:3,5 termasuk dalam kisaran rasio yang direkomendasikan.

4.1.5. Warna

Penentuan kecerahan dilakukan dengan alat chromameter dan dihasilkan total kecerahan (L^*) sebesar 38,11. Nilai ini mengartikan kecerahan berada di nilai 21-40 yang artinya berada di tingkat kecerahan gelap hingga sedang (Pathare et al, 2013).

Secara umum, nilai kecerahan yang relatif rendah dapat mengartikan adanya kandungan senyawa pigmen, seperti produk oksidasi atau sisa-sisa bahan mentah yang belum sepenuhnya tersaring. Kecerahan minyak sangat berhubungan dengan mutu visual dan pandangan konsumen. Minyak dengan tingkat kecerahan tinggi disebut memiliki kualitas yang lebih baik karena menandakan rendahnya kontaminan, oksidasi, serta proses pemurnian yang efektif (Naz et al, 2004).

Nilai a^* yang diperoleh relative rendah dan mendekati netral, sehingga minyak tidak menunjukkan dominasi warna merah atau hijau. Nilai b^* sebesar 7,91 menunjukkan kecenderungan sedikit ke arah kuning. Warna kekuningan dengan intensitas rendah ini masih sesuai dengan karakteristik umum minyak ikan, yang biasanya berwarna pucat kekuningan akibat keberadaan pigmen alami maupun senyawa minor dalam minyak (Nielsen, 2010).

Nilai a^* yang cenderung ke arah merah dan nilai b^* yang masih ke arah kuning menunjukkan minyak ikan bandeng ini belum mengalami perubahan warna signifikan, sehingga masih dalam kondisi yang dapat diterima secara visual.

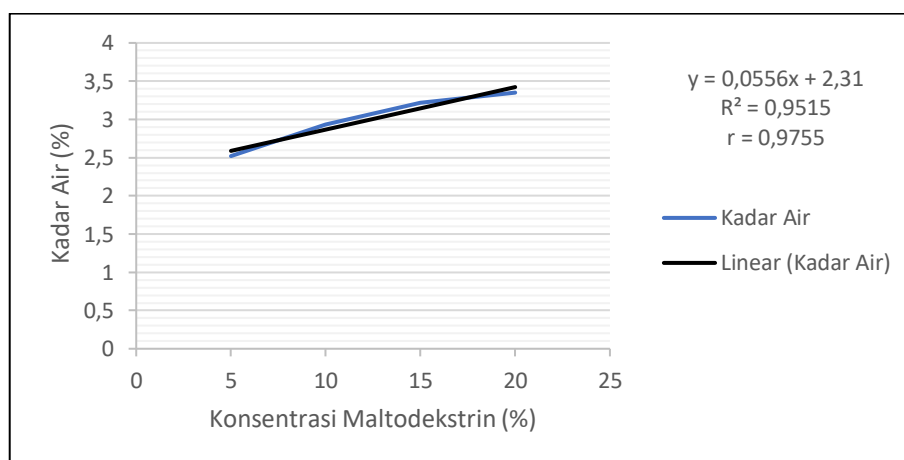
4.2. Penelitian Utama

4.2.1. Kadar Air

Data hasil analisis kadar air pada serbuk minyak ikan bandeng dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 7. Hasil Akhir 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 10. Kurva Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Air

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh 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 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dan kadar air. Menurut kriteria dari Susanti (2019), nilai korelasi diantara 0,75 – 0,99 menunjukkan bahwa korelasi

tersebut sangat kuat antara variabel bebas dan variabel terikat. Hasil ini menunjukkan bahwa korelasi yang dihasilkan positif (+) yang artinya semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan, maka semakin tinggi kadar air serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh yaitu 0,9515 sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar air dipengaruhi oleh konsentrasi maltodekstrin sebesar 95,15%.

Peningkatan konsentrasi maltodekstrin menghasilkan kadar air yang lebih tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena maltodekstrin bersifat higroskopis, sehingga mampu mengikat air dalam jumlah lebih besar pada matriks serbuk (Tonon et al., 2008).

Pada konsentrasi 5%, kadar air masih relatif rendah karena struktur busa belum sepenuhnya stabil, sehingga air lebih mudah terlepas pada saat proses *freeze drying*. Namun pada konsentrasi 10%, kadar air meningkat akibat viskositas yang lebih tinggi, sehingga menghambat difusi uap air selama sublimasi. Kondisi ini sesuai dengan pendapat Sharma et al. (2015), bahwa peningkatan viskositas dapat memperlambat pelepasan air bebas jika diimbangi dengan kestabilan busa.

Pada konsentrasi 15-20%, struktur busa yang terbentuk lebih rapat dan stabil, sehingga proses sublimasi berlangsung lebih efektif dan menghasilkan kadar air terus meningkat dari 3,22% menjadi 3,35%. Peningkatan ini disebabkan oleh penambahan maltodekstrin memperbesar fraksi padatan dan viskositas pra-pengeringan, sehingga terbentuk matriks busa yang lebih rapat. Hal ini memperpanjang jalur difusi uap air dan menghambat pelepasan air saat sublimasi

maupun *secondary drying*. Selain itu, gugus hidroksil pada maltodekstrin bersifat *water-binding*, sehingga menahan air terikat dan bekerja pada kelembapan residu yang lebih tinggi pada konsentrasi 15-20%.

Berdasarkan analisis ANOVA, diperoleh nilai F hitung sebesar 39,27 dengan nilai signifikan 0,0245 yang artinya lebih kecil dibanding taraf 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) berpengaruh signifikan terhadap variabel kadar air (Y).

Jika dibandingkan dengan standar umum kadar air serbuk makanan, yaitu di bawah 5-6% untuk mencegah pertumbuhan mikroba dan memperpanjang daya simpan (Kumar et al, 2017), maka kadar air dalam penelitian ini masih sangat rendah dan memenuhi kriteria mutu serbuk kering yang baik. Hasil ini juga serupa dengan penelitian oleh Afifah (2016) yang menghasilkan kadar air sebesar 1,13% pada serbuk albumin ikan gabus dengan metode *foam-mat drying* menggunakan maltodekstrin.

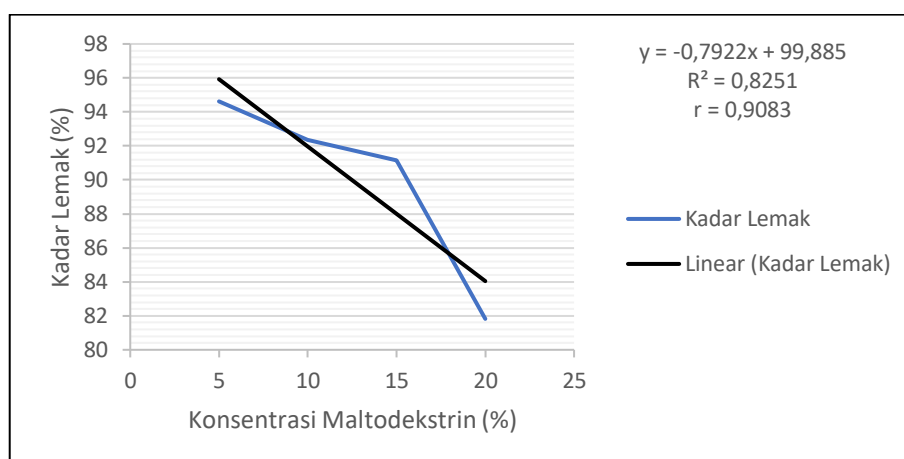
Kadar air awal minyak ikan bandeng komersial yang dianalisis pada penelitian pendahuluan, yaitu sebesar 4,79%, maka kadar air produk serbuk hasil *freeze drying* secara umum mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa metode *Foam-Mat Freeze Drying* dengan tambahan maltodekstrin efektif dalam mengurangi kadar air total, bukan hanya melalui penghilangan air bebas dari minyak, tetapi juga melalui pembentukan matriks kering yang menahan uap air selama proses pengeringan.

4.2.2. Kadar Lemak

Data hasil analisis kadar lemak pada Serbuk Minyak Ikan Bandeng dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 8. Hasil Akhir 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 11. Kurva Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Lemak

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh 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 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dan kadar lemak. Hasil ini menunjukkan bahwa korelasi yang dihasilkan negatif (-) yang artinya semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan, maka semakin rendah kadar

lemak serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh yaitu 0,8251 sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar lemak dipengaruhi oleh konsentrasi maltodekstrin sebesar 82,51%.

Penambahan maltodekstrin mempengaruhi kadar lemak yang terkandung pada serbuk minyak ikan bandeng komersial. Semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin yang digunakan, kadar lemak dalam serbuk minyak ikan bandeng cenderung menurun. Penurunan kadar lemak ini dikarenakan jumlah minyak yang terkandung tersebar dalam matriks padatan yang lebih besar. Hal ini sesuai dengan pemaparan Desai et al (2005), dengan penambahan konsentrasi maltodekstrin sebagai bahan penyalut, fraksi minyak dalam total campuran menjadi lebih kecil, sehingga kadar lemak menurun.

Berdasarkan analisis ANOVA, diperoleh nilai F hitung sebesar 9,43 dengan nilai signifikan 0,0916 yang artinya lebih besar dibanding taraf 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel kadar lemak (Y).

Penurunan kadar lemak telah dilakukan dalam penelitian oleh Cahyani et al (2019), bahwa semakin tinggi kadar bahan penyalut, maka semakin kecil persentase lemak yang terkandung. Namun, kadar lemak yang relatif lebih rendah pada konsentrasi maltodekstrin tinggi justru dapat menunjukkan keberhasilan penyerbukan, karena lemak terlindungi dalam matriks maltodekstrin, sehingga lebih tahan terhadap oksidasi.

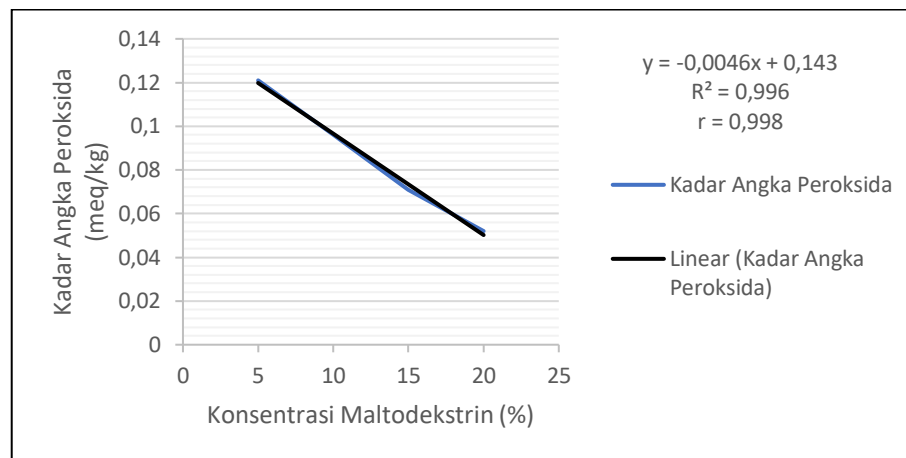
Penurunan kadar lemak pada serbuk minyak ikan ini dengan peningkatan konsentrasi maltodekstrin terjadi karena semakin banyak maltodekstrin yang ditambahkan maka semakin besar fraksi padatan non-lemak dalam formulasi serbuk, sehingga kadar lemak yang terukur menjadi lebih rendah. Selain itu, maltodekstrin memiliki kemampuan membentuk matriks film yang melapisi dan melindungi minyak di dalam busa, akibatnya sebagian minyak yang terikat dalam matriks ini tidak sepenuhnya dapat di ekstraksi menggunakan metode Soxhlet. Hal ini yang membuat nilai kadar lemak yang diperoleh akan semakin menurun. Kestabilan *foam* dan kondisi pada saat pembekuan juga dapat memengaruhi hasil akhir, tetapi pengaruh dominan tetap berasal dari peran maltodekstrin sebagai *carrier agent*.

4.2.3. Kadar Angka Peroksida

Data hasil analisis kadar angka peroksida pada Serbuk Minyak Ikan Bandeng dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 9. Hasil Akhir 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 12. Kurva Hubungan Kosentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Angka Peroksida

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh koefisien korelasi (r) sebesar 0,998 untuk kadar angka peroksida pada serbuk minyak ikan bandeng dan dinyatakan dalam persamaan regresi $Y = -0,0046x + 0,143$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dan kadar angka peroksida. Hasil ini menunjukkan bahwa korelasi yang dihasilkan negatif (-) yang artinya semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan, maka semakin rendah pula kadar angka peroksida pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh yaitu 0,996 sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar angka 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 kecil dibanding taraf 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) berpengaruh signifikan terhadap variabel kadar angka peroksida (Y).

Penelitian yang dilakukan oleh Pertiwi et al (2020), menghasilkan bahwa peningkatan kadar bahan penyalut seperti maltodekstrin secara signifikan dapat menurunkan angka peroksida dalam minyak hasil penyerbukan. Semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin, semakin tebal dan rapat matriks pelindung yang terbentuk, sehingga aktivitas minyak terhadap oksigen semakin tinggi. Ini dapat mengakibatkan angka peroksida menjadi lebih kecil karena pembentukan senyawa peroksida juga lebih sedikit.

Angka peroksida merupakan indikator awal oksidasi lemak, maka penting juga diperhatikan bahwa pembentukan senyawa ini tidak hanya dipengaruhi oleh perlindungan fisik dari maltodekstrin, tetapi juga oleh faktor mikro seperti kestabilan minyak selama emulsi awal, proses pencampuran, serta paparan oksigen sebelum pembekuan. Minyak dapat mengalami peningkatan oksidasi sebelum dikeringkan, yang berpengaruh pada tingginya angka peroksida.

Penurunan angka peroksida ini dapat dijelaskan oleh peran maltodekstrin sebagai bahan penyalut yang membentuk lapisan pelindung di sekitar minyak, sehingga mengurangi kontak langsung antara minyak dengan oksigen selama proses pengeringan. Lapisan film maltodekstrin yang terbentuk bersifat semi-permeabel dan mampu memperlambat difusi oksigen ke dalam matriks serbuk, sehingga laju awal oksidasi lipid menjadi lebih rendah. Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Tonon et al. (2008), bahwa penggunaan maltodekstrin dalam proses pengeringan berperan dalam pembentukan senyawa oksidasi primer pada produk yang kaya akan minyak.

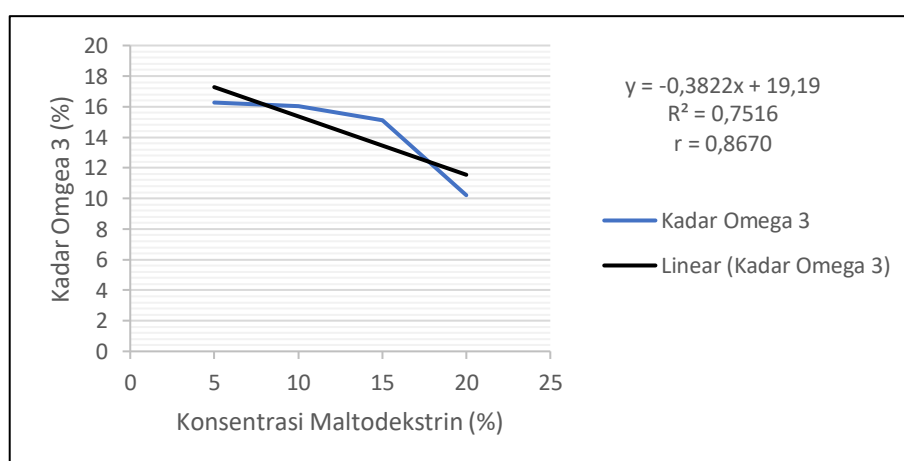
Jika dibandingkan dengan penelitian Aditia et al (2014), yang menyebutkan bahwa angka peroksida minyak ikan bandeng kasar mencapai 13,80 meq/kg, maka hasil penelitian ini menunjukkan kestabilan oksidatif yang jauh lebih baik, baik pada minyak maupun serbuk hasil pengeringan.

4.2.4. Kadar Omega 3-6-9

Data hasil analisis kadar omega 3-6-9 pada Serbuk Minyak Ikan Bandeng dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 10. Hasil Akhir Analisis Utama Kadar Omega 3-6-9

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

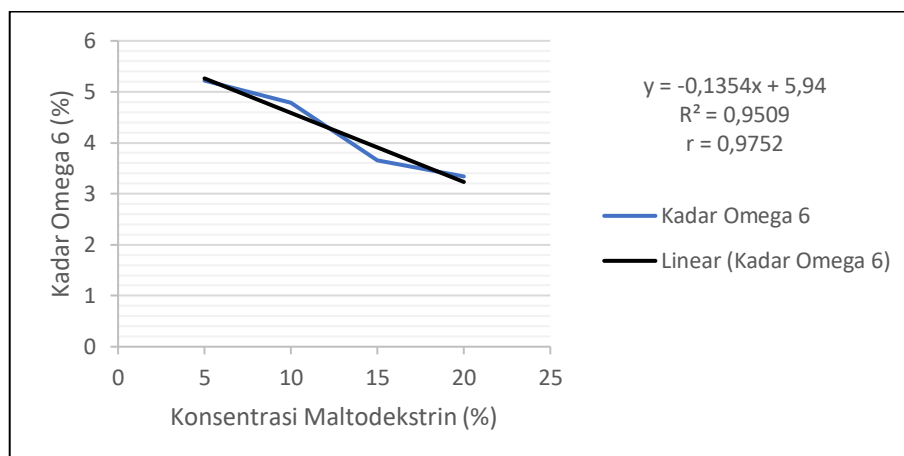


Gambar 13. Kurva Hubungan Kosentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Omega 3

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh 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 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dan kadar omega 3. Hasil ini menunjukkan bahwa korelasi yang dihasilkan negatif (-) yang artinya semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan, maka semakin rendah kadar omega 3 pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh yaitu 0,7516 sehingga 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 besar dibanding taraf 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel kadar omega 3 (Y).

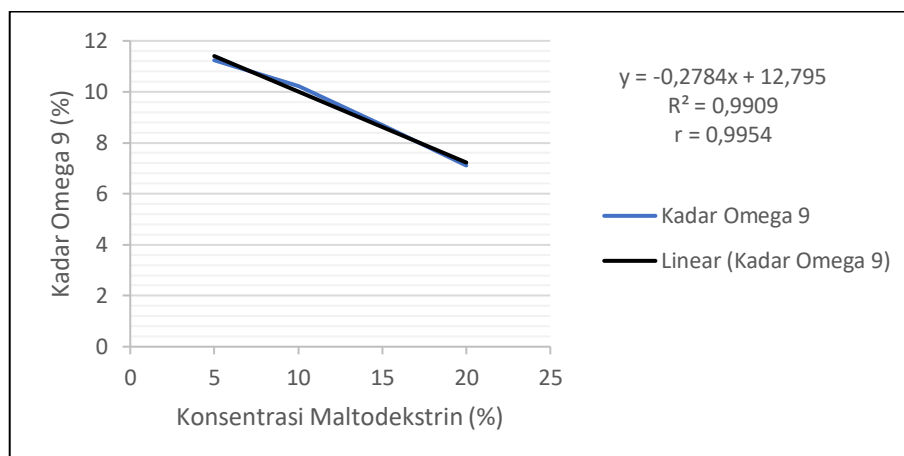
Pada konsentrasi maltodekstrin yang tinggi, viskositas campuran meningkat, sehingga proses emulsifikasi menjadi kurang efektif dan menyebabkan penyebaran minyak tidak merata di dalam matriks. Ketidakseimbangan ini memungkinkan sebagian minyak, termasuk omega-3, tidak terlindungi secara optimal dan lebih rentan mengalami degradasi selama proses *freeze drying*, baik melalui oksidasi ringan maupun suhu ringan yang bisa terjadi akibat tekanan dan waktu proses.



Gambar 14. Kurva Hubungan Kosentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Omega 6

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh koefisien korelasi (r) sebesar 0,9752 untuk kadar omega 6 pada serbuk minyak ikan bandeng dan dinyatakan dalam persamaan regresi $Y = -0,1354x + 5,94$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dan kadar omega 6. Hasil ini menunjukkan bahwa korelasi yang dihasilkan negatif (-) yang artinya semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan, maka semakin rendah kadar omega 6 pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh yaitu 0,9752 sehingga 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 kecil dibanding taraf 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) berpengaruh signifikan terhadap variabel kadar omega 6 (Y).



Gambar 15. Kurva Hubungan Kosentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Omega 9

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh 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 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dan kadar omega 9. Hasil ini menunjukkan bahwa korelasi yang dihasilkan negatif (-) yang artinya semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan, maka semakin rendah kadar omega 9 pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh yaitu 0,9909 sehingga 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 0,0046 yang artinya lebih kecil dibanding taraf 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) berpengaruh signifikan terhadap variabel kadar omega 9 (Y).

Dalam penelitian ini, kadar asam lemak omega 3-6-9 pada serbuk minyak ikan bandeng cenderung mengalami penurunan seiring peningkatan konsentrasi

maltodekstrin. Hal ini bisa dikarenakan semakin tinggi jumlah maltodekstrin yang digunakan, maka konsentrasi komponen aktif dalam produk akhir akan semakin berkurang. Menurut Madene et al (2006), maltodekstrin sebagai bahan penyalut tidak mengandung asam lemak, sehingga semakin besar konsentrasinya, semakin rendah persentase asam lemak dalam serbuk hasil akhir.

Meskipun terjadi penurunan kadar omega 3-6-9, penggunaan maltodekstrin tetap diperlukan untuk menjaga stabilitas minyak selama proses foam-mat freeze drying. Seperti pemaparan Augustin et al (2008), tanpa pelindung seperti maltodekstrin, asam lemak tak jenuh dalam minyak sangat rentan terhadap kerusakan oksidasi akibat panas, cahaya, dan oksigen. Dengan demikian, pemilihan konsentrasi maltodekstrin yang optimal menjadi penting untuk menyeimbangkan antara perlindungan terhadap degradasi dan mempertahankan kadar senyawa aktif didalamnya.

Meskipun kadar omega 3-6-9 mengalami penurunan, nilai koefisien determinasi (R^2) yang sangat tinggi menunjukkan bahwa konsentrasi maltodekstrin memiliki peran yang sangat penting dalam mempengaruhi jumlah asam lemak tak jenuh dalam serbuk. Perbedaan kecil dalam konsentrasi maltodekstrin sudah cukup untuk menghasilkan perubahan besar dalam kandungan omega. Hal ini menunjukkan sensitivitas kandungan omega terhadap formulasi dan pentingnya pengendalian proses untuk menjaga komponen bioaktif tetap stabil sampai produk akhir.

Penurunan kadar asam lemak dengan meningkatnya maltodekstrin telah disebutkan oleh Kusumawardani et al (2021) pada serbuk minyak ikan lemuru hasil *spray drying*. Penelitian tersebut menunjukkan kadar omega 3 berkisar 9,03%-10,91%, omega 6 sebesar 6,21% - 6,91%, dan omega 9 antara 10,20% - 13,10%. Jika dibandingkan, kadar omega 3 dalam penelitian ini masih lebih tinggi pada perlakuan 5%, 10%, dan 15% namun lebih rendah kadar omega 6 dibandingkan pada penelitian tersebut, yang bisa terjadi karena perbedaan jenis ikan, suhu pengeringan, dan metode pengeringan.

Menurut standar EFSA (*European Food Safety Authority*), jumlah asupan omega 3 yang dianjurkan adalah 40 mg EPA+DHA per 100 gram produk (EFSA, 2012). Hal ini setara dengan 0,04%. Maka kadar omega 3 dalam penelitian ini sudah jauh melampaui ambang minimal fungsi nutrisi, sehingga berpotensi tinggi sebagai bahan pangan fungsional.

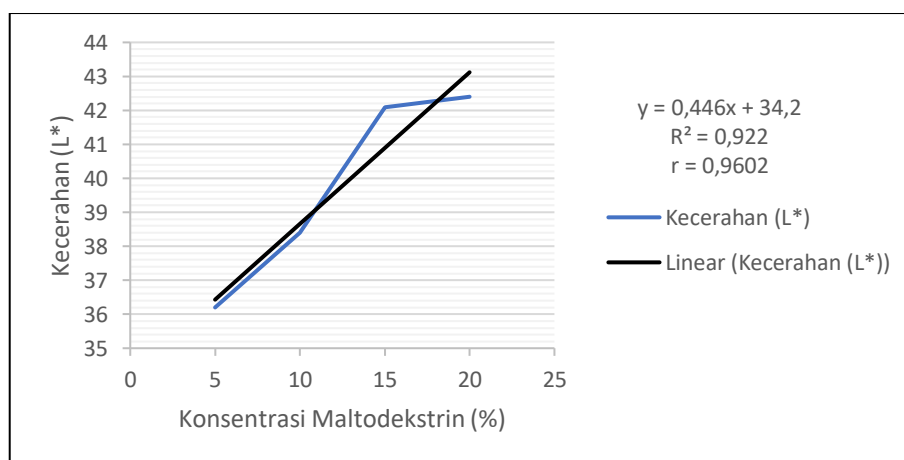
Dengan demikian, formulasi dengan maltodekstrin 5-15%, terbukti paling optimal dalam menjaga kadar asam lemak omega, sedangkan pada konsentrasi lebih tinggi, proteksi terhadap oksidasi memang meningkat, tetapi kadar omega yang terdeteksi mengalami penurunan akibat pengenceran dan kemungkinan enkapsulasi lebih rapat.

4.2.5. Warna

Data hasil analisis kecerahan pada Serbuk Minyak Ikan Bandeng dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 11. Hasil Akhir Analisis Utama Kecerahan

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

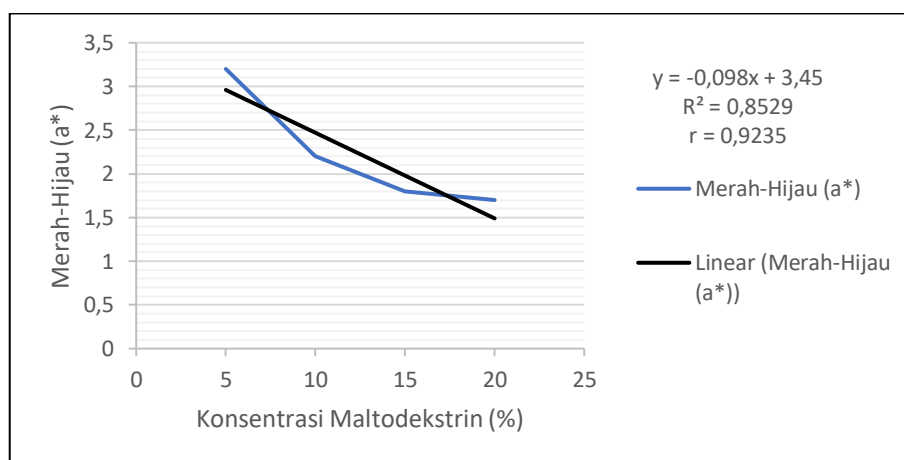


Gambar 16. Kurva Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kecerahan (L*)

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh 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 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dan nilai kecerahan

(L*). Hasil ini menunjukkan bahwa korelasi yang dihasilkan positif (+) yang artinya semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan, maka semakin tinggi pula nilai kecerahan pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh yaitu 0,922 sehingga 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 kecil dibanding taraf 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) berpengaruh signifikan terhadap variabel nilai kecerahan atau L* (Y).

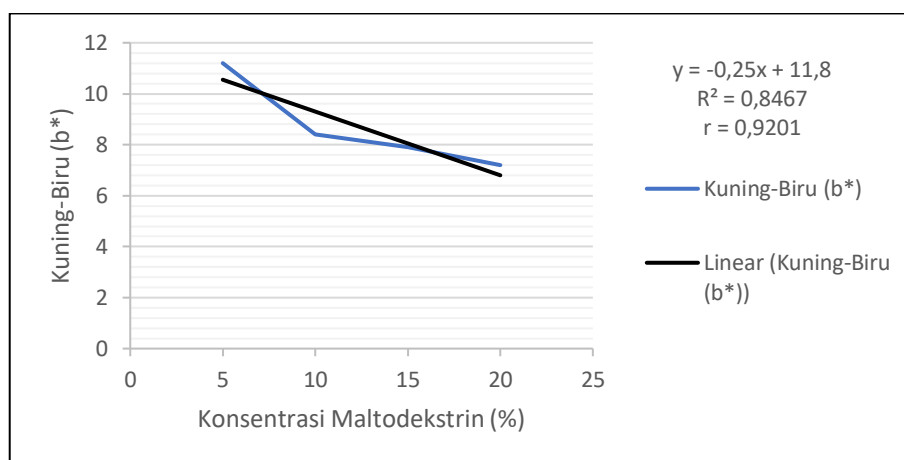


Gambar 17. Kurva Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap a* (Merah-Hijau)

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh 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 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dan nilai merah-hijau

(a*). Hasil ini menunjukkan bahwa korelasi yang dihasilkan negatif (-) yang artinya semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan, maka semakin rendah nilai merah-hijau (a*) pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh yaitu 0,8529 sehingga 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 besar dibanding taraf 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel nilai merah-hijau atau a* (Y).

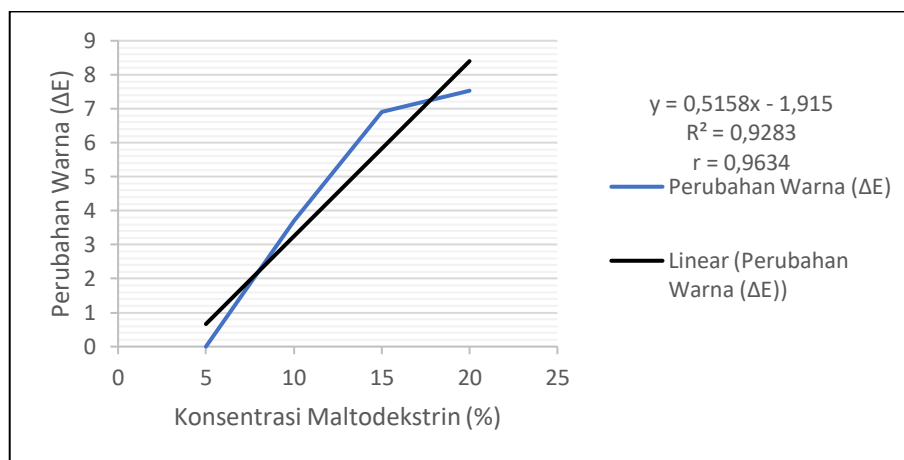


Gambar 18. Kurva Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kuning-Biru (b*)

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh 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 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dan nilai kuning-biru

(b*). Hasil ini menunjukkan bahwa korelasi yang dihasilkan negatif (-) yang artinya semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan, maka semakin rendah nilai kuning-biru (b*) pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh yaitu 0,8467 sehingga 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 besar dibanding taraf 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel nilai kuning-biru atau b* (Y).



Gambar 19. Kurva Hubungan Korelasi Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap ΔE

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh 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 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara konsentrasi maltodekstrin dan nilai perubahan warna (ΔE). Hasil ini menunjukkan bahwa korelasi yang dihasilkan

positif (+) yang artinya semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan, maka semakin tinggi pula nilai perubahan warna (ΔE) pada serbuk minyak ikan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh yaitu 0,9283 sehingga 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 kecil dibanding taraf 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel konsentrasi maltodekstrin (X) berpengaruh signifikan terhadap variabel nilai perubahan warna atau ΔE (Y).

Hasil pengukuran nilai L^* atau kecerahan pada serbuk minyak ikan bandeng menunjukkan adanya peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi maltodekstrin. Hal ini menunjukkan bahwa serbuk minyak ikan bandeng menjadi semakin cerah.

Peningkatan nilai L^* atau kecerahan dapat dijelaskan melalui sifat fisik maltodekstrin yang berwarna putih terang dan tidak menyerap cahaya dalam panjang gelombang tampak, sehingga memberikan pengaruh besar terhadap kecerahan produk akhir. Menurut Goula et al (2005), ketika konsentrasi maltodekstrin lebih tinggi, minyak yang berwarna ke-oranye-an mendekati ke merah akan menjadi lebih rendah dalam campuran, sehingga warna serbuk secara keseluruhan menjadi lebih terang.

Selain itu, metode *foam-mat freeze-drying* juga berperan dalam mempertahankan kualitas warna, karena proses ini berlangsung pada suhu rendah

yang meminimalkan degradasi warna akibat panas. Oleh karena itu, kombinasi antara tingginya konsentrasi maltodekstrin dan metode pengeringan beku menjadikan serbuk minyak ikan bandeng memiliki kecerahan yang meningkat dan stabil.

Hasil nilai a^* atau merah-hijau dan b^* atau kuning-biru menunjukkan penurunan seiring meningkatnya konsentrasi maltodekstrin. Hal ini bisa dikarenakan bahwa warna asli dari minyak ikan bandeng cenderung kekuningan atau kemerahan mengalami pengenceran optik akibat maltodekstrin yang cenderung berwarna putih. Nilai a^* yang menurun berarti pergeseran warna menuju arah kehijauan atau lebih netral, sedangkan nilai b^* yang menurun menunjukkan berkurangnya intensitas warna kuning.

Selain itu, proses pengeringan juga memiliki pengaruh dalam perubahan nilai warna. Metode *foam-mat freeze-drying* bekerja dalam suhu rendah, sehingga degradasi suhu terhadap pigmen warna dapat diminimalkan. Namun, apabila campuran terlalu kental akibat konsentrasi maltodekstrin tinggi, proses pengeringan bisa menjadi kurang merata dan menghasilkan variasi warna yang tidak seragam antar sampel. Pada kondisi tersebut, nilai a^* dan b^* dapat lebih mudah terpengaruh oleh lokasi penyerapan panas yang tidak seragam atau pembentukan kerak permukaan.

Untuk nilai perubahan warna (ΔE), yang mencerminkan sejauh mana perbedaan warna produk dari standar atau kondisi awal, hasil menunjukkan adanya peningkatan signifikan seiring peningkatan konsentrasi maltodekstrin.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menguraikan mengenai: (5.1) Kesimpulan dan (5.2) Saran.

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa konsentrasi maltodekstrin berkorelasi terhadap karakteristik serbuk minyak ikan bandeng komersial, dimana konsentrasi maltodekstrin berkorelasi (+) sangat kuat terhadap kadar air, kecerahan (L^*), dan Perubahan Warna (ΔE), serta berkorelasi (-) sangat kuat terhadap kadar lemak, kadar angka peroksida, kadar omega 3-6-9, Nilai warna merah-Hijau (a^*), dan Nilai warna kuning-Biru (b^*). Konsentrasi maltodekstrin terhadap serbuk minyak ikan bandeng komersial signifikan dengan kadar air, kadar angka peroksida, kadar omega 6 & 9, nilai kecerahan (L^*), dan nilai perubahan warna (ΔE), tetapi tidak signifikan dengan kadar lemak, kadar omega 3, nilai warna merah-hijau (a^*), dan nilai warna kuning-biru (b^*).

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap jenis bahan penyalut lainnya selain maltodekstrin untuk mengetahui perbandingan terhadap karakteristik serbuk minyak ikan bandeng komersial.
2. Dikarenakan metode *Foam-Mat Freeze Drying* yang digunakan sudah efektif dalam membentuk karakteristik serbuk minyak ikan bandeng komersial, maka perlu dilakukan perbaikan formulasi dan melakukan analisis lain seperti uji kadar β karoten dan uji kelarutan serbuk.

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*, vol. 3, no. 3, pp. 55-60
- Agustini, T.W., Susilowati I., Subagyo., Setyati, W.A. dan Wibowo, B.A. (2010). Will SoftBoned Milkfish – A Traditional Food Product From Semarang City. *Journal of Coastal Development.Semarang*
- Apituley, D. A.N., Sormin, R. B. D., & Nanlohy, E. E.E.M. (2020). Karakteristik dan Profil Asam Lemak Minyak ikan dari Kepala dan Tulang Ikan Tuna (*Thunnus albacares*). *Jurnal Teknologi Pertanian Vol. 9, No. 1, 10-19. Universitas Pattimura.*
- Arbianti, R., Hartanti, S., & Herawati, N. (2017). Kajian Komposisi Asam Lemak Minyak Ikan Lele (*Clarias sp.*) dan Potensinya sebagai Sumber Omega-3. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 28(1), 73-78.
- Augustin, M. A. & Sanguansri, L. (2008). Encapsulation of Bioactives. *Food Engineering Series: Engineering Foods for Bioactive Stability and Delivery.*
- Badan Standar Nasional. (2018). Syarat Mutu dan Pengolahan Minyak Ikan Murni. *SNI 8467:2018. Jakarta.*
- Bhandari, B., et al. (2007). Spray drying of food products. *Food Research and International.*
- 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.
- Buckley, D. J. & Morrissey, P. A. (2002). Food Lipids and Lipid Oxidation. *Journal of The Science of Food and Agriculture.*
- 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.
- Darniadi, S., dan Siahaan, S. P. (2020). Aplikasi Foam-Mat Freeze Drying Untuk Preservasi Komponen Buah Dan Ingredient Pangan Fungsional. *Pasundan Food Technology, Volume 7, No 2, Tahun 2020*
- Efendi, et al. (2020). Analisis Regresi: Teori dan aplikasi dengan R. *Malang: UB Press*
- El-Ghorab, A. H., Wanas, A. M., & Farag, M. A. (2020). Carboxymethyl cellulose and its role in food systems. *Food Hydrocolloids.*

- Engelen, A. (2017). Analisis Sensori dan Warna Pada Pembuatan Telur Asin dengan Cara Basah. *Jurnal of Technopreneur*. Vol5(1): 8-12.
- Erfianti, R., Kiranawati, T. M., & Rohajatien, U. (2023). Pengaruh Maltodeskrin Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Pewarna Bunga Tapak Dara (*Catharanthus roseus*) sebagai Biocolour Pangan. *Jurnal Agro Industri. Universitas Negeri Malang*.
- Estiasih, T. (2009). Minyak Ikan Teknologi & Penerapannya untuk Pangan dan Kesehatan. *Graha Ilmu: Jakarta*.
- Farahmandfar, R., et al. (2020). Optimizing the freeze-drying process of fish oil for stability. *International Journal of Food Science and Technology*.
- Ferdiansyah, M.K., Marseno, D. W., & Pranoto, Y. (2017). Optimasi Sintesis Karboksi Metil Selulosa (CMC) dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Response Surface Methodology (RSM). *Agritech. Vol. 37, No. 2, Mei 2017*.
- Gabriela, M. C., Rawung, D., & Ludong, M. M. (2020). Pengaruh Penambahan Maltodeksrin Pada Pembuatan Minuman Instan Serbuk Buah Pepaya (*Carica papaya* L.) dan Buah Pala (*Myristica fragrans* H.). *Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Pertanian UNSRAT*.
- Gasperz, V. (1995). Teknik Analisa Dalam Penelitian Percobaan Edisi Pertama. *Tarsito*.
- Goula, A. M. & Adamopoulos, K. G. (2005). Spray Drying of Tomato Pulp: Effect of Feed Concentration. *Drying Technology*, 23(3), 371-386.
- Gouveia, L., Beatriz, M., & Oliveira, M. (2020). Spray drying of fish oil microcapsules: Optimization of process parameters for maximizing stability. *Food Chemistry*, 312, 126064.
- Habibi, N. A., Fathia, S., & Utami, C. T. (2019). Perubahan Karakteristik Bahan Pangan pada Keripik Buah dengan Metode Freeze Drying. *Jurnal Sains Terapan Vol. 5 No. 2 2019*.
- 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.
- Jiang, F., Zhang, Z., & Xu, B. (2020). Characterization and classification of maltodextrin based on DE value. *Food Chemistry*.

- Krog, N., Børshheim, K. Y., & Gjerstad, M. (2018). Effect of Tween 80 on the stability of fish oil emulsions and bioaccessibility. *Food Research International*, 112, 243-251.
- Kumar, A., et al. (2017). Effect of moisture content on stability of powdered food products. *Food Research International*.
- Lestari, M. W. (2024). Pengaruh Tween 80 Terhadap Karakteristik Serbuk Instan Kayu Secang (*Caesalpinia sappan* Linnaeus). *Universitas Semarang*.
- Li, X., Zhang, Y., & Chen, X. (2021). Preparation and applications of maltodextrin-based microcapsules. *Food Science & Nutrition*.
- Lopez-Rubio, A., Flanagan, B. M., & Gilbert, E. P. (2015). Maltodextrin and its role in microencapsulation of oils. *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.
- Mei, L., Xu, Y., & Zhang, R. (2017). Tween 80: A versatile surfactant for enhanced emulsion stability. *Journal of Applied Science and Engineering*.
- Naz, S., Sheikh, H., Siddiqi, R., & Sayeed, S. A. (2004). Oxidative Stability of Olive, Corn, and Soybean Oil Under Different Conditions. *Food Chemistry*, 88(2), 253-259.
- Nelson, L.R., et al. (2008). Optimization of the Determination of Fatty Acids in Fish Oil by Gas Chromatography. *Food Chemistry*, vol. 106, no. 4, 2008, pp. 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.
- O'Brien, R. D. (2010). Fats and oils: Formulating and processing for applications. *CRC Press*.
- 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. Volume 14 Nomer 4 (C). Universitas Sriwijaya*.
- Pathare, P. B., Opara, U.L., & Al-Said, F. A. J. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36-60.
- 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.

- Pertiwi, W. H. & Yuliyanti, D. (2020). Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Bahan Penyalut terhadap Karakteristik Serbuk Minyak Ikan Hasil Spray Drying. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 31(1), 1-10.
- Pratibha, S., et al. (2020). Effect of moisture content and hygroscopicity on powder properties. *International Journal of Food Science and Technology*.
- Pratima, A., & Yashoda, H. (2011). Effect of maltodextrin as a carrier material on the properties of spray-dried fish protein concentrate. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(8), 1646-1653.
- Santos, M., et al. (2017). Oxidative stability of fish oils in food products. *Food Research International*, 93, 163-176.
- Santos, J. D., Pereira, R. N., & Pinto, L. A. (2020). Impact of maltodextrin on the microencapsulation of fish oil: Physicochemical properties. *Food Hydrocolloids*.
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2018). Omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits. *Journal of Food Science*, 83(2), 5-20.
- Shahidi, F., & Han, X. (2016). Oxidative stability of lipids in food systems. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.
- Sharma, H. K., Kumar, N., & Sarkar, B. C. (2015). Effect of Maltodextrin and Temperature on spray drying of Watermelon Juice. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 66(1), 58-64.
- Siddiqui, M. Z., Khan, A., & Ali, A. (2018). Lesitin as an emulsifying agent in pharmaceutical formulations. *International Journal of Pharmaceutics*.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi. (1996). Analisa Bahan Makanan dan Pertanian, *Universitas Gajahmada, Yogyakarta*.
- Sudjana. (2005). Metode Statistika. Bandung: Tarsito.
- Suryaningrum, T. D., Fitriani, D., & Astuti, P. (2018). Karakteristik Minyak Ikan Gabus (*Channa striata*) Hasil Ekstraksi Termal dan Pelarut. *Jurnal Gizi dan Pangan*, 13(3), 175-182.
- Susanti D.S, Sukmawaty Y., Salam N. (2019). Analisis Regresi dan Korelasi. *Malang: CV. IRDH*.
- 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.
- Umah, L., Agustini, T. W., & Fahmi, A.S. (2021). Karakteristik Perisa Bubuk Ekstrak Kepala Udang Vanamei (*Litopenaeus Vannamei*) Dengan Penambahan Konsentrat Tomat (*Lycopersicum Esculentum*) Menggunakan Metode Foam Mat Drying. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*. Vol. 3 No.1.

- Wahyuni, A., Rianingsih, L., & Trilaksani, W. (2018). Karakteristik Kimia Minyak Ikan Lele Dumbo Hasil Ekstraksi Basah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(2), 203-212.
- Wijayanti, H. E. & Martien, R. (2017). Pengaruh Viskositas Bahan Pembawa Terhadap Hasil Mikroenkapsulasi Minyak Menggunakan Metode Pengeringan Beku. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 4(1), 25-31.
- Winarno, F. G. (2004). Kimia Pangan dan Gizi. *PT. Gramedia Pustaka Utama*.
- Yugoswara, G. (2008). Mikroenkapsulasi Minyak ikan dari Hasil Samping Industri Penepungan Ikan Lemuru (*Sardiniella lemuru*) dengan Metode Pengeringan Beku (Freeze Drying). *Institut Pertanian Bogor*. Bogor: 1-145.
- Yusof, H., Zawawi, N. A., & Tan, S. M. (2012). Development of fish protein powder fish waste using foam-mat freeze drying method. *Food Biproces technology*, 5(2), 374-380.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur dan Hasil Akhir Penelitian Analisis Kadar Air (Sudarmadji, 1996)

Prosedur Penelitian Utama Analisis Kadar Air dengan Metode Gravimetri
(Sudarmadji, 1996)

Prinsipnya menguapkan air yang ada dalam bahan dengan jalan pemanasan. Kemudian menimbang bahan sampai berat konstan yang berarti semua air sudah diuapkan. Cara ini relatif mudah dan murah. Kelemahan cara ini adalah:

- Bahan lain di samping air juga ikut menguap dan ikut hilang Bersama dengan uap air misalnya alkohol, asam asetat, minyak atsiri, dan lain-lain.
- Dapat terjadi reaksi selama pemanasan yang menghasilkan air atau zat mudah menguap lain. Contoh gula mengalami dekomposisi atau karamelisasi, lemak mengalami oksidasi dan sebagainya.
- Bahan yang mengandung bahan yang dapat mengikat air secara kuat sulit melepaskan airnya meskipun sudah dipanaskan.

Untuk mempercepat penguapan air serta menghindari terjadinya reaksi yang menyebabkan terbentuknya air ataupun reaksi yang lain karena pemanasan maka dapat dilakukan pemanasan dengan suhu rendah dan tekanan vakum. Dengan demikian akan diperoleh hasil yang lebih mencerminkan kadar air yang sebenarnya.

Untuk bahan-bahan yang mempunyai kadar gula tinggi, pemasanan dengan suhu $\pm 100^{\circ}\text{C}$ dapat mengakibatkan terjadinya pergerakan pada permukaan bahan.

Suatu bahan yang telah mengalami pengeringan ternyata lebih bersifat higroskopis daripada bahan asalnya. Oleh karena itu selama pendinginan sebelum penimbangan, bahan selalu ditempatkan dalam ruang tertutup yang kering misalnya dalam eksikator atau dessikator yang telah diberi zat penyerap air. Penyerap air/uap air ini dapat menggunakan, kapur aktif, asam sulfat, silika gel, aluminium oksida, kalium klorida, kalium hidroksida, kalium sulfat, atau barium oksida.

Prosedur kadar air dengan gravimetri yaitu:

1. Botol timbang/porselen beserta tutupnya dipanaskan dalam lemari pengering pada temperatur 105°C , didinginkan dalam eksikator lalu ditimbang.
2. Lakukan berulang-ulang sehingga didapat bobot konstan (W_0)
3. Timbang dengan teliti 1-2 gram bahan yang telah dihaluskan, masukan botol timbang yang telah konstan (W_0) kecuali bahan berupa cairan.
4. Pengeringan dalam lemari pengering pada temperatur 105°C dilakukan berulang-ulang hingga didapat bobot konstan (W_2).
5. Selisih bobot awal dan akhir pemanasan, merupakan kadar air yang terdapat dalam bahan tersebut.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W_0 - W_2}{W_0} \times 100$$

Tabel 12. *Summary Output* Kadar Air

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,975468621
R Square	0,95153903
Adjusted R Square	0,927308545
Standard Error	0,099196774
Observations	4

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,38642	0,38642	39,27033	0,024531379
Residual	2	0,01968	0,00984		
Total	3	0,4061			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	2,31	0,12149074	19,01379	0,002755	1,787267534	2,832732466	1,787267534	2,832732466
Konsentrasi Maltodekstrin (X)	0,0556	0,008872429	6,266604	0,024531	0,017425018	0,093774982	0,017425018	0,093774982

Lampiran 2. Prosedur dan Hasil Akhir Penelitian Kadar Lemak dengan Ekstraksi Soxhlet (Sudarmadji et al, 1996)

Prosedur Analisis Kadar Lemak dengan Ekstraksi Soxhlet

Ekstraksi lemak dari bahan kering dapat dikerjakan dengan alat Soxhlet. Sejumlah sampel ditimbang dengan teliti dimasukkan ke dalam thimble yang dapat dibuat dari kertas saring. Ukuran thimble disesuaikan dengan besarnya Soxhlet yang digunakan. Sampel yang belum kering harus dikeringkan terlebih dahulu.

Selanjutnya labu godok dipasang berikut kondensornya. Pelarut yang digunakan sebanyak 1,5 – 2 kali isi tabung ekstraksi. Lipida akan terekstraksi dan melalui sifon terkumpul ke dalam labu godok. Pada akhir ekstraksi yaitu kira-kira 4 – 6 jam, labu godok diambil dan ekstrak dituang ke dalam botol timbang atau cawan porselin yang telah diketahui beratnya, kemudian pelarut diuapkan di atas penangas air sampai pekat. Selanjutnya dikeringkan dalam oven sampai diperoleh berat konstan pada suhu 100°C. Berat residu dalam botol timbang dinyatakan sebagai berat lemak atau minyak. Agar diperoleh lemak dan minyak bebas air dengan cepat maka pengeringan dapat menggunakan oven vakum. Selain cara diatas penentuan banyaknya lemak dapat pula diketahui dengan menimbang sampel padat yang ada dalam thimble setelah ekstraksi, dan sudah dikeringkan dalam oven sehingga diperoleh berat konstan. Selisih berat sebelum dengan sesudah ekstraksi merupakan berat minyak atau lemak yang ada dalam bahan tersebut.

$$\text{Kadar Lemak} = \frac{(\text{Bobot } W_2 - \text{Bobot } W_1)}{(\text{Bobot sampel})} \times 100\%$$

Tabel 13. *Summary Output* Kadar Lemak

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,908344452
R Square	0,825089644
Adjusted R Square	0,737634466
Standard Error	2,88358024
Observations	4

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	78,447605	78,44761	9,434429	0,091655548
Residual	2	16,63007	8,315035		
Total	3	95,077675			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	99,885	3,53165011	28,28281	0,001248	84,68953601	115,080464	84,68953601	115,080464
Konsentrasi Maltodekstrin (X)	-0,7922	0,257915257	-3,07155	0,091656	1,901919786	0,317519786	1,901919786	0,317519786

Lampiran 3. Prosedur dan Hasil Akhir Analisis Kadar Angka Peroksida (Husnah et al, 2020)

Prosedur Analisis Kadar Angka Peroksida dengan Metode Iodometri

Bilangan peroksida adalah indeks jumlah lemak atau minyak yang telah mengalami oksidasi. Angka peroksida sangat penting untuk identifikasi tingkat oksidasi minyak. Minyak yang mengandung asam-asam lemak tidak jenuh dapat teroksidasi oleh oksigen yang menghasilkan suatu senyawa peroksida.

Cara yang sering digunakan untuk menentukan angka peroksida adalah dengan metode titrasi iodometri. Kerusakan minyak akan mempengaruhi kualitas dan nilai gizi makanan yang digoreng. Proses oksidasi tersebut terjadi saat minyak tersebut mengalami kontak dengan sejumlah oksigen. Reaksi oksidasi juga akan menimbulkan bau tengik pada minyak dan lemak.

Prosedur analisis bilangan peroksida menggunakan metode titrasi iodometri:

1. Timbang sampel sebanyak 5 ± 0.05 gram ke dalam erlenmeyer yang tertutup dan kemudian tambahkan 30 ml larutan campuran Asam Asetat dengan Kloroform dan aduk hingga semua sampel larut.
2. Tambahkab 0.5 ml larutan Kalium Iodidia jenuh dengan pipet tetes.
3. Kocok erlenmeyer tersebut selama 1 menit dan kemudian tambahkan 30 ml aquadest.
4. Titrasi dengan larutan Natrium Thiosulfat 0.01 N secara konstan dan kocok dengan baik sampai warna kuning hampir hilang (kuning pucat).

5. Tambahkan larutan kanji dan lanjutkan itrasi dengan tetap dikocok sampai titik akhir titrasi untuk membebaskan semua Iodine yang berada dilapisan Kloroform, tambahkan setetes demi setetes larutan Natrium thiosulfat sampai warna birunya hilang.

$$POV = \frac{V \times N \times 1000}{W}$$

Keterangan:

V = Volume Titrasi sampel

N = Normalitas larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

W = Berat Sampel

Tabel 14. *Summary Output* Kadar Angka Peroksida

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,997999479
R Square	0,996002961
Adjusted R Square	0,994004441
Standard Error	0,00232379
Observations	4

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,0026912	0,002691	498,3704	0,002000521
Residual	2	0,0000108	5,4E-06		
Total	3	0,002702			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	0,143	0,00284605	50,24508	0,000396	0,130754436	0,155245564	0,130754436	0,155245564
Konsentrasi Maltodekstrin (X)	-0,00464	0,000207846	-22,3242	0,002001	-0,00553429	-0,00374571	-0,00553429	-0,00374571

Lampiran 4. Prosedur dan Hasil Akhir Analisis Kadar Asam Lemak Omega-3,6,9 dengan Kromatografi Gas (Nelson et al, 2008)

Prosedur Analisis Kadar Asam Lemak Omega 3-6-9 dengan Metode Kromatografi Gas

Kromatografi Gas digunakan untuk memisahkan, mengidentifikasi, dan mengukur konsentrasi asam lemak, termasuk asam lemak omega-3 (seperti EPA dan DHA) dalam minyak ikan atau produk berbasis minyak. Analisis ini melibatkan beberapa tahapan, yaitu ekstraksi lemak, metilasi asam lemak menjadi Fatty Acid Methyl Esters (FAME), dan pemisahan serta kuantifikasi menggunakan GC.

Sebelum dianalisis, lemak harus diekstraksi dari sampel. Proses ini dilakukan dengan menggunakan pelarut organik (misalnya, n-heksana atau kloroform). Sampel yang digunakan untuk ekstraksi biasanya berkisar antara 1 hingga 3 gram bahan. Asam lemak yang telah diekstraksi kemudian dikonversi menjadi Fatty Acid Methyl Esters (FAME) untuk meningkatkan volatilitas senyawa dan memudahkan pemisahan. Biasanya, proses metilasi dilakukan dengan menambahkan metanol dan asam sulfurik atau katalis lain seperti natrium metoksida. Setelah proses metilasi, FAME yang dihasilkan dianalisis dengan Kromatografi Gas. Sampel FAME yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam injektor Kromatografi Gas, di mana ia dipanaskan dan dikirimkan ke dalam kolom kromatografi. Pemisahan FAME dilakukan berdasarkan sifat fisiko-kimia mereka, seperti kelarutan dan interaksi dengan fase diam dalam kolom kromatografi.

Biasanya, kolom kapiler dengan fase diam yang berbasis pada bahan silika atau polimer yang terbalutkan digunakan dalam GC untuk pemisahan yang optimal. Detektor yang umum digunakan untuk analisis FAMES adalah Flame Ionization Detector (FID) yang sangat sensitif terhadap senyawa organik yang mengandung karbon-hidrogen (seperti asam lemak). Asam lemak omega-3 (seperti EPA dan DHA) akan terpisah pada waktu yang berbeda dalam kolom dan menghasilkan puncak-puncak dalam kromatogram. Area puncak dari setiap senyawa yang terpisah digunakan untuk menghitung konsentrasi masing-masing asam lemak.

$$\text{Kadar Asam Lemak Omega 3} = \frac{A_{\text{omega3}}}{A_{\text{total}}} \times 100$$

Keterangan:

$A_{\text{omega-3}}$ = adalah area puncak pada kromatogram untuk asam lemak omega-3 (EPA atau DHA).

A_{total} = total area puncak untuk semua komponen asam lemak (termasuk omega-3 dan asam lemak lainnya) dalam sampel.

Kemudian, kadar omega-3 dihitung berdasarkan rasio area puncak dari asam lemak omega-3 dibandingkan dengan total area semua puncak.

Tabel 15. *Summary Output* Kadar Omega 3

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,866967178
R Square	0,751632087
Adjusted R Square	0,627448131
Standard Error	1,736903855
Observations	4

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	18,259605	18,25961	6,05257	0,133032822
Residual	2	6,03367	3,016835		
Total	3	24,293275			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	19,19	2,127264088	9,020977	0,012066	10,03712136	28,34287864	10,03712136	28,34287864
Konsentrasi Maltodekstrin (X)	-0,3822	0,155353404	-2,4602	0,133033	1,050631746	0,286231746	1,050631746	0,286231746

Tabel 16. *Summary Output* Kadar Omega 6

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,975161199
R Square	0,950939364
Adjusted R Square	0,926409046
Standard Error	0,243135765
Observations	4

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	2,291645	2,291645	38,76588	0,024838801
Residual	2	0,11823	0,059115		
Total	3	2,409875			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	5,94	0,297779281	19,94766	0,002504	4,658759165	7,221240835	4,658759165	7,221240835
Konsentrasi Maltodekstrin (X)	-0,1354	0,021746724	-6,22623	0,024839	0,228968601	0,041831399	0,228968601	0,041831399

Tabel 17. *Summary Output* Kadar Omega 9

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,995439264
R Square	0,990899328
Adjusted R Square	0,986348992
Standard Error	0,210926527
Observations	4

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	9,68832	9,68832	217,764	0,004560736
Residual	2	0,08898	0,04449		
Total	3	9,7773			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	12,795	0,258331183	49,52944	0,000407	11,68349063	13,90650937	11,68349063	13,90650937
Konsentrasi Maltodekstrin (X)	-0,2784	0,018865842	-14,7568	0,004561	0,359573167	0,197226833	0,359573167	0,197226833

Lampiran 5. Prosedur dan Hasil Akhir Analisis Uji Warna dengan Chromameter (Engelen, 2017)

Prosedur Analisis Uji Kecerahan dengan Chromameter

Cara kerja alat kolorimeter dalam menentukan berdasarkan komponen warna biru, merah, serta hijau dari cahaya yang diserap oleh objek atau sampel. Pada saat cahaya melalui sebuah objek, maka sebagian dari cahaya diserap. Hal itu akan mengakibatkan terjadinya penurunan jumlah sebagian besar cahaya yang dipantulkan oleh mediumnya. Kolorimeter akan berubah sehingga dapat menganalisa konsentrasi zat tertentu pada medium atau objek tersebut. Alat pengukur warna ini bekerja berdasarkan hukum Beer-Lambert, yang ditransmisikan melalui medium berbanding lurus dengan konsentrasi medium.

Pengukuran menghasilkan nilai L^* , a^* dan b^* . L^* menyatakan parameter kecerahan (warna akromatis, 0: hitam sampai 100: putih). Warna kromatik campuran merah hijau ditunjukkan oleh nilai a^* ($a^+ = 0-100$ untuk warna merah, $a^- = 0-(80)$ untuk warna hijau. Warna kromatik campuran biru kuning ditunjukkan oleh nilai b^* , ($b^+ = 0-70$ untuk warna kuning, $b^- = 0-(-70)$ untuk warna biru).

Tabel 18. *Summary Output L** (Kecerahan)

SUMMARY
OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,960217289
R Square	0,922017243
Adjusted R Square	0,883025864
Standard Error	1,02542674
Observations	4

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	24,8645	24,8645	23,6467	0,039782711
Residual	2	2,103	1,0515		
Total	3	26,9675			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	34,2	1,255886141	27,23177	0,001346	28,79635807	39,60364193	28,79635807	39,60364193
Maltodekstrin (X)	0,446	0,091716956	4,862787	0,039783	0,051373789	0,840626211	0,051373789	0,840626211

Tabel 19. *Summary Output a** (Merah-Hijau)

SUMMARY
OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,923542489
R Square	0,852930728
Adjusted R Square	0,779396092
Standard Error	0,321714159
Observations	4

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	1,2005	1,2005	11,59903	0,076457511
Residual	2	0,207	0,1035		
Total	3	1,4075			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	3,45	0,394017766	8,75595	0,012794	1,754678383	5,145321617	1,754678383	5,145321617
Maltodekstrin (X)	-0,098	0,028774989	3,40574	0,076458	0,221808786	0,025808786	0,221808786	0,025808786

Tabel 20. *Summary Output b** (Kuning-Biru)SUMMARY
OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,920138046
R Square	0,846654023
Adjusted R Square	0,769981035
Standard Error	0,841130192
Observations	4

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	7,8125	7,8125	11,0424	0,079861954
Residual	2	1,415	0,7075		
Total	3	9,2275			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	11,8	1,030169889	11,45442	0,007536	7,367536715	16,23246328	7,367536715	16,23246328
Maltodekstrin (X)	-0,25	0,075232971	-3,32301	0,079862	-0,57370135	0,07370135	-0,57370135	0,07370135

Tabel 21. *Summary Output* ΔE (Perubahan Warna)

SUMMARY
OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,963458677
R Square	0,928252622
Adjusted R Square	0,892378933
Standard Error	1,133682054
Observations	4

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	33,256205	33,25621	25,87558	0,036541323
Residual	2	2,57047	1,285235		
Total	3	35,826675			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	-1,915	1,388471282	-1,37921	0,301807	-7,88910975	4,05910975	-7,88910975	4,05910975
Maltodekstrin (X)	0,5158	0,101399606	5,086805	0,036541	0,079512711	0,952087289	0,079512711	0,952087289

Lampiran 6. Formulasi Serbuk Minyak ikan bandeng komersial

Komposisi (%)	Formulasi (%)			
	I	II	III	IV
Minyak Ikan Bandeng Komersial	79,5	74,5	69,5	64,5
Maltodekstrin	5	10	15	20
Tween 80	0,5	0,5	0,5	0,5
Lesitin	5	5	5	5
CMC	10	10	10	10
Total	100	100	100	100

Formulasi berdasarkan 100 ml Minyak Ikan. Densitas minyak ikan adalah 0,925 g/ml yang artinya minyak ikan sebesar 92,5 gram.

$$\text{Maltodekstrin Formulasi I} = \frac{5}{100} \times 92,5 \text{ gram} = 4,63 \text{ gram}$$

$$\text{Maltodekstrin Formulasi II} = \frac{10}{100} \times 92,5 \text{ gram} = 9,25 \text{ gram}$$

$$\text{Maltodekstrin Formulasi III} = \frac{15}{100} \times 92,5 \text{ gram} = 13,88 \text{ gram}$$

$$\text{Maltodekstrin Formulasi III} = \frac{20}{100} \times 92,5 \text{ gram} = 18,5 \text{ gram}$$

$$\text{Tween 80} = \frac{0,5}{100} \times 92,5 \text{ gram} = 0,46 \text{ gram}$$

$$\text{Lesitin} = \frac{5}{100} \times 9,25 \text{ gram} = 4,63 \text{ gram}$$

$$\text{CMC} = \frac{10}{100} \times 9,25 \text{ gram} = 9,25 \text{ gram}$$

Lampiran 7. Rancangan Kebutuhan Bahan dan Anggaran

Peralatan Penunjang			
Bahan	Harga	Kebutuhan	Total
Tween 80	Rp18.130/100 gram	0,46 gram	Rp18.130
Maltodesktrin	Rp18.500/1 kg	46,26 gram	Rp18.500
Lesitin	Rp15.000/100 gram	18,52 gram	Rp15.000
CMC	Rp11.000/100 gram	37 gram	Rp11.000
Total			Rp62.630

Biaya Lain-lain				
Analisis Kadar Air	RP10.000	8 sampel	Rp60.000	
Analisis Angka Peroksida	Rp40.000	8 sampel	Rp240.000	
Analisis Kadar Lemak	Rp35.000	8 sampel	Rp210.000	
Analisis Kadar Asam Lemak Omega-3	Rp420.000	8 sampel	Rp2.520.000	
Analisis Kecerahan	Rp120.000	8 sampel	Rp720.000	
Sewa Lab	Rp250.000	1 semester	Rp250.000	
Pembuatan serbuk dengan Mesin Freeze Dryer	Rp25.000/jam	1 sampel = 18 jam 8 sampel = 432 jam	Rp1.350.000	
Total			Rp5.350.000	

Analisis Respon		
Respon	Kebutuhan/Sampel	Total
Kadar Air	2 gram/sampel	16 gram
Angka Peroksida	5 gram/sampel	40 gram
Kadar Lemak	3 gram/sampel	24 gram
Asam Lemak Omega-3	3 gram/sampel	24 gram
Warna	1 gram/sampel	8 gram
Total	14 gram	112 gram

Lampiran 8. Dokumentasi Proses Pembuatan Serbuk Minyak Ikan Bandeng

		
Penimbangan	Pencampuran	Pengeringan