

**DISERTASI**

**ELIMINASI LOGAM BERAT (Cd dan Pb) PADA BELUT  
SAWAH (*Monopterus albus* Z) DALAM PENGOLAHAN MI  
INSTAN TERHADAP ANGKA KECUKUPAN GIZI**



**Oleh:  
Candra  
NIM: 2140511310008**

**PROGRAM STUDI DOKTOR (S3) ILMU PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU  
2026**

**DISERTASI**

**ELIMINASI LOGAM BERAT (Cd dan Pb) PADA BELUT  
SAWAH (*Monopterus albus* Z) DALAM PENGOLAHAN MI  
INSTAN TERHADAP ANGKA KECUKUPAN GIZI**

**Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Doktor**



**Oleh:  
Candra  
NIM: 2140511310008**

**PROGRAM STUDI DOKTOR (S3) ILMU PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU  
2026**

**DISERTASI**

**ELIMINASI LOGAM BERAT (Cd dan Pb) PADA BELUT SAWAH (*Monopterus albus* Z) DALAM PENGOLAHAN MI INSTAN TERHADAP ANGKA KECUKUPAN GIZI**

Oleh:  
**Candra**  
NIM: 2140511310008

Dipertahankan di depan penguji  
Pada Tanggal 22 Januari 2026  
Dan dinyatakan memenuhi syarat

**KOMISI PEMBIMBING**  
Ketua

**Prof. Dr. Ir. Muhammad Ahsin Rifa'i, M.Si**  
NIP. 19660905 199203 1 002

Anggota 1

**Dr. Ir. Hj. Agustiana, M.P**  
NIP. 19630808 198903 2 002

Anggota 2

**Dr. Ir. Hj. Dewi Kartika Sari, M.P., M.Si**  
NIP. 19680311 199402 2 001

Banjarbaru, Februari 2026

**Koordinator**  
Program Studi Doktor (S3) Ilmu Pertanian



**Prof. Dr. Ir. Bambang Joko Priatmadi, MP.**  
NIP. 19630505 199003 1 001.

**Dekan**  
Fakultas Pertanian ULM



**Prof. Dr. Akhmad Rizali Saidy, S.P., M.Ag.Sc., Ph.D**  
NIP. 19690425 199512 1 001

## **IDENTITAS KOMISI PEMBIMBING DAN KOMISI PENGUJI**

### **JUDUL DISERTASI:**

**ELIMINASI LOGAM BERAT (Cd dan Pb) PADA BELUT SAWAH (*Monopterus albus* Z) DALAM PENGOLAHAN MI INSTAN TERHADAP ANGKA KECUKUPAN GIZI**

Nama : Candra  
NIM : 2140511310008  
Program Studi : Doktor (S3) Ilmu Pertanian

### **KOMISI PEMBIMBING:**

Ketua : Prof. Dr. Ir. Muhammad Ahsin Rifa'i, M.Si  
Anggota 1 : Dr. Ir. Hj. Agustiana, M.P  
Anggota 2 : Dr. Ir. Hj. Dewi Kartika Sari, M.P., M.Si

### **KOMISI PENGUJI:**

Penguji Tamu : Dr.Firlianty, S.Pi.,M.Si  
Penguji 1 : Dr. Ir. Hj. Tanwirul Millati., M.P.  
Penguji 2 : Dr. Yuspihana Fitrial, S.Pi., M.Si.  
Penguji 3 : Dr. Dini Sofarini, S.Pi., M.S.

Tanggal Ujian Disertasi :  
SK Komisi Penguji :

## **PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam Disertasi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Disertasi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Disertasi ini dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70 yang berbunyi : ‘Lulusan perguruan tinggi yang karya ilmiahnya digunakan untuk memperoleh gelar akademik, profesi atau vokasi terbukti merupakan jiplakan dicabut gelarnya’. Pasal 70 yang berbunyi : ‘Lulusan yang karya ilmiahnya yang digunakannya untuk mendapatkan gelar akademik, profesi atau vokasi sebagaimana yang dimaksud dalam pasal 25 ayat 2 terbukti merupakan jiplakan dipidana dengan pidana penjara paling lama dua tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp. 200.000.000,00 (dua ratus juta rupiah).

Banjarbaru, Januari 2026

Candra  
NIM 2140511310008

## SERTIFIKAT UJI PLAGIASI

# SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

NOMOR : 004/UN8.1.23/DV.02.05/2026

Sertifikat ini diberikan kepada:

**CANDRA**

Dengan Judul Tesis :

Eliminasi Logam Berat (Cd Dan Pb) Pada Belut Sawah (*Monopterus albus* Z) dalam Pengolahan Mi Instan terhadap Angka Kecukupan Gizi.

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi.

Banjarbaru, 27 Januari 2026

a.n. Dekan

Wakil Dekan Bidang Akademik,



Prof. Dr. Ir. Ika Sumantri, S.Pt., M.Si., M.Sc., IPM

NIP. 197308071998031003



## HALAMAN PERUNTUKAN

*Disertasi ini kupersembahkan kepada*

*Untuk kedua orang tuaku*

*Alm. Sjamsu Alamsjah*

*Nurhayati*

*H. Djoko Sutrisno, BE*

*Hj. Enen Rusnenti*

*Untuk istriku*

*Hj. Indah Eka Wijayanti, SH*

*Untuk kedua puteraku*

*Athallah Akhtar Rasyad*

*Athallah Khaleed Rafaat*

## **RIWAYAT HIDUP**

Candra, lahir di Sampit tanggal 17 Oktober 1977, anak ketiga dari Almarhum Sjamsu Alamsjah dan Nurhayati. Memiliki istri bernama Hj. Indah Eka Wijayanti dan anak bernama Athaillah akhtar Rasyad dan Athaillah Khaleed Rafaat. Penulis menyelesaikan SD dan SMP di Sampit Kotawaringin Timur Kalimantan Tengah, dan SMA di Banjarmasin Kalimantan Selatan. Studi S1 di Fakultas Perikanan Universitas Lambung Mangkurat lulus tahun 2001, dan studi S2 di Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor lulus tahun 2010. Pengalaman kerja di PT. Phillips Seafood Indonesia pada tahun 2002-2004, Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Lambung Mangkurat pada tahun 2005 sampai sekarang.

Banjarbaru, Januari 2026

Candra

## RINGKASAN

**CANDRA, NIM 2140511310008. Eliminasi Logam Berat (Cd Dan Pb) Pada Belut Sawah (*Monopterus albus* Z) Dalam Pengolahan Mi Instan Terhadap Angka Kecukupan Gizi. Promotor : M. Ahsin Rifa'i, Co-Promotor 1 : Agustiana, Co-Promotor 2 : Dewi Kartika Sari.**

Keamanan pangan menuntut bahan makanan bebas cemaran biologis dan kimia sesuai UU No. 18/2012. Belut sawah (*Monopterus albus* Z) bernilai gizi tinggi protein, zat besi, serta DHA/EPA. Namun habitat persawahan membuatnya rentan terpapar logam berat Cd dan Pb dari limpasan pertanian, limbah domestik, dan aktivitas industri. Paparan ini berisiko toksik bagi kesehatan manusia sehingga diperlukan upaya ilmiah untuk menurunkan kadar logam tanpa mengorbankan mutu gizi pada ikan.

Berdasarkan dasar ilmiah, penelitian ini diarahkan untuk menemukan metode eliminasi Cd dan Pb paling efektif pada daging belut sawah agar layak dijadikan bahan pangan aman. Hasil belut yang telah melalui proses eliminasi kemudian dimanfaatkan sebagai bahan tepung belut untuk formulasi mi instan tinggi protein sebagai alternatif pangan bergizi bagi remaja usia 13–15 tahun. Inovasi ini diharapkan tidak hanya menjawab isu keamanan pangan, tetapi juga mendukung pemenuhan Angka Kecukupan Gizi (AKG) remaja Indonesia, sebagaimana diatur dalam Permenkes No. 28 Tahun 2019, dengan mengedepankan prinsip diversifikasi pangan berbasis sumber daya perikanan lokal yang aman, sehat, dan bernilai tambah.

Penelitian ini mempunyai 3 tujuan yaitu 1. Mengevaluasi kandungan logam berat pada bagian tubuh belut (*Monopterus albus* Z); 2. Menganalisis pengaruh penanganan terhadap kandungan logam berat pada daging belut (*Monopterus albus* Z); dan 3. Menganalisis tepung belut (*Monopterus albus* Z) pada implementasi mi instan untuk angka kecukupan gizi.

Penelitian disertasi ini dilakukan pada Desa Sungai Batang Kecamatan Martapura Barat Kabupaten Banjar, di Laboratorium Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Kelautan ULM. Analisis sampel pada setiap parameter penelitian dilaksanakan pada Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Banjarbaru, Laboratorium Peternakan Fakultas Pertanian ULM dan Laboratorium Pengujian dan Pengendalian Mutu Hasil Perikanan Banjarbaru. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan dari Mei 2023 sampai dengan Oktober 2025.

Penelitian dilakukan dalam 4 tahapan yaitu pengujian kandungan logam berat (Cd dan Pb) pada tingkat produsen (nelayan); eliminasi logam berat (Cd dan Pb); pengaruh proses perebusan terhadap karakteristik proksimat, mutu hedonik dan kelarutan tepung belut; dan karakterisasi fisika, proksimat dan organoleptik mi instan belut serta kandungan gizi mi instan terhadap angka kecukupan gizi remaja (usia 13 – 15 tahun).

Tahap 1 penelitian dilakukan identifikasi kandungan logam berat pada daging belut dan lingkungan (sedimen dan air) di 3 stasiun sampel (koordinat 3°21'17.2"S 114°49'06.4"E (Dekat dengan Permukiman), 3°21'08.7"S 114°49'03.9"E (Jalur Persimpangan Aliran Persawahan dan terdapat banyak vegetasi), dan 3°21'09.0"S

114°49'06.1"E (Jalur Persimpangan Aliran Persawahan). Selain dilakukan pengukuran parameter lingkungan pendukung seperti suhu, pH, dan kadar oksigen terlarut (DO). Pada tahap 2 penelitian dilakukan eliminasi logam berat Cd dan Pb pada daging belut dengan 2 perlakuan yaitu metode dan lama waktu eliminasi. Perlakuan tersebut yaitu depurasi (0, 3, 5, dan 7 hari), pemanggangan (0, 15, 30 dan 45 menit), dan perebusan (0, 5, 10 dan 15 menit).

Perlakuan terbaik pada tahap 2 dilanjutkan untuk penelitian tahap 3 untuk pengolahan tepung belut yaitu metode eliminasi perebusan. Perlakuan pada tahap 3 yaitu perebusan dengan lama waktu 0, 5, 10 dan 20 menit. Tepung belut yang dihasilkan dikarakterisasi, yaitu sifat kimia, mutu hedonik dan kelarutan tepung belut. Selanjutnya pada tahap 4 adalah penambahan tepung belut (metode pengolahan terbaik pada penelitian tahap 3) pada pengolahan mi instan untuk pemenuhan angka kecukupan gizi remaja. Pembuatan mi instan belut dimulai dengan penimbangan bahan seperti tepung terigu, garam (1 g), air (40 ml), telur (5 g) dan minyak. Selanjutnya menimbang tepung belut dengan presentase 0, 5, 10, 15 dan 20% dari 100 g adonan. Mi instan belut dikarakterisasi, yaitu sifat fisiko-kimia, organoleptik dan AKG remaja (usia 13 – 15 tahun).

Hasil penelitian tahap 1 menunjukkan bahwa ikan belut dengan kandungan logam berat tertinggi pada lingkungan stasiun 2 (Cd (0,12 mg/kg) dan Pb (1,58 mg/kg)) dibandingkan belut pada stasiun 1 (Cd (0,11 mg/kg) dan Pb (1,38 mg/kg)) dan stasiun 3 (0,07 mg/kg) dan Pb (1,21 mg/kg)). Akumulasi Cd dan Pb pada belut sawah pada stasiun 2 lebih dipengaruhi oleh sedimen dan kondisi ekologi persawahan daripada konsentrasi logam di kolom air.

Penelitian tahap 2 menunjukkan bahwa proses eliminasi logam berat (Cd dan Pb) efektif pada awal proses depurasi 3 hari (Cd 0,008 mg/kg dan Pb 0,275 mg/kg), pemanggangan 15 menit (Cd 0,001 mg/kg dan Pb 0,001 mg/kg) dan perebusan 5 menit (Cd 0,001 mg/kg dan Pb 0,001 mg/kg). Metode terbaik dalam proses eliminasi logam berat adalah perebusan 5 menit, sehingga digunakan untuk metode pembuatan tepung belut pada penelitian tahap 3. Kondisi ini menegaskan bahwa perlakuan termal, yaitu pemanggangan dan perebusan lebih efektif dibandingkan depurasi biologis dalam menurunkan kandungan logam berat hingga di bawah ambang batas aman konsumsi menurut SNI 7387:2009.

Proses pengolahan tepung belut pada penelitian tahap 3 dengan metode terbaik yaitu perebusan selama 20 menit berdasarkan nilai rendemen, nilai kelarutan, kadar air, kadar protein, kadar lemak.

Penelitian tahap 4 menunjukkan data angka kecukupan gizi menurun pada penambahan tepung belut sebanyak 15% dan 20%. Penurunan ini konsisten pada kadar air terjadi kenaikan dan karbohidrat menurun dari 59,60% (10%) menjadi 47,50% (20%). Sebaliknya kadar protein meningkat hingga 21,26% pada perlakuan 20%. Kenaikan kadar air dan menurunnya karbohidrat berpengaruh terhadap total energi dan persentase AKG ikut menurun.

## SUMMARY

**CANDRA, Student ID 2140511310008. Elimination of Heavy Metals (Cd and Pb) in Rice Field Eel (*Monopterus albus* Z.) during Instant Noodle Processing and Its Impact on Nutritional Adequacy Levels. Advisor : M. Ahsin Rifa'i; Co-Promotor 1<sup>st</sup>: Agustiana; and Co-Promotor 2<sup>nd</sup> : Dewi Kartika Sari.**

Food safety requires food materials to be free from biological and chemical contaminants in accordance with Law No. 18/2012. The rice field eel (*Monopterus albus* Z.) possesses high nutritional value—rich in protein, iron, and essential fatty acids such as DHA and EPA. However, its paddy field habitat exposes it to heavy metal contamination, particularly cadmium (Cd) and lead (Pb), originating from agricultural runoff, domestic waste, and industrial activities. These contaminants pose toxicological risks to human health, hence the need for scientific efforts to reduce metal content without compromising nutritional quality.

Based on this rationale, the study aimed to identify the most effective method for eliminating Cd and Pb from eel flesh to ensure its safety as a food source. The processed eel was then used as raw material for high-protein instant noodles formulated to improve the dietary intake of adolescents aged 13–15 years. This innovation not only addresses food safety issues but also supports the fulfillment of the Recommended Dietary Allowances (RDA) for Indonesian adolescents, as stipulated in Ministry of Health Regulation No. 28/2019, by promoting food diversification from safe and nutritious local fishery resources.

The research had three main objectives: (1) to evaluate heavy metal content in various body parts of the rice field eel; (2) to analyze the effects of different handling treatments on the Cd and Pb concentrations in eel meat; and (3) to assess the application of eel flour in instant noodle formulations in relation to nutritional adequacy levels. The study was conducted in Sungai Batang Village, Martapura Barat District, Banjar Regency, and laboratory analyses were carried out at the Laboratory of Fishery Product Technology, Faculty of Fisheries and Marine Science (ULM), the Banjarbaru Industrial Standardization and Service Center, the Animal Science Laboratory of the Faculty of Agriculture (ULM), and the Laboratory for Testing and Quality Control of Fishery Products Banjarbaru. Research activities took place from May 2023 to October 2025.

The experimental design consisted of four stages: (1) analysis of heavy metal content (Cd and Pb) in eels collected from fishers along with environmental parameters (water and sediment); (2) elimination of Cd and Pb using different treatment methods and durations—deuration (0, 3, 5, 7 days), roasting (0, 15, 30, 45 minutes), and boiling (0, 5, 10, 15 minutes); (3) evaluation of the best elimination method (boiling) to produce eel flour, characterized for proximate composition, solubility, and sensory quality; and (4) formulation of instant noodles using eel flour (0%, 5%, 10%, 15%, 20%) to determine the nutritional contribution for adolescents.

Results from Stage 1 indicated that eels collected from Station 2—a site with dense aquatic vegetation—contained the highest levels of Cd (0.12 mg/kg) and Pb (1.58 mg/kg), compared to Station 1 (Cd 0.11 mg/kg; Pb 1.38 mg/kg) and Station 3 (Cd 0.07 mg/kg; Pb 1.21 mg/kg). The high accumulation at Station 2 is attributed to the role of aquatic vegetation as a biofilter and bioaccumulator of heavy metals. In Stage 2, all elimination methods effectively reduced Cd and Pb concentrations,

with optimal results observed after 3 days of depuration (Cd 0.008 mg/kg; Pb 0.275 mg/kg), 15 minutes of roasting (Cd and Pb 0.001 mg/kg), and 5 minutes of boiling (Cd and Pb 0.001 mg/kg). The most effective method was boiling for 5 minutes, achieving reduction levels below the safe limits established by SNI 7387:2009, confirming that thermal treatment is superior to biological depuration for heavy metal removal.

In Stage 3, boiling for 20 minutes was identified as the optimal treatment for producing high-quality eel flour, yielding improved solubility and desirable proximate composition (moisture, protein, and lipid content). Stage 4 revealed that increasing the proportion of eel flour beyond 10% in instant noodles led to a decrease in total energy contribution due to higher moisture and lower carbohydrate content, despite continuous protein enrichment. Consequently, the 10% substitution level was found to provide the most balanced formulation, enhancing protein content (up to 18.26%) while maintaining acceptable texture, sensory quality, and contributing significantly to adolescent RDA fulfillment.

## PRAKATA

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkah dan rahmat-Nya maka Laporan Hasil Disertasi ini dengan judul Eliminasi Logam Berat (Cd dan Pb) Pada Belut Sawah (*Monopterus albus* Z) Dalam Pengolahan Mi Instan Terhadap Angka Kecukupan Gizi dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang ditentukan.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Prof. Dr.Ir. M. Ahsin Rifa'i, M.Si sebagai promotor, dan kepada Dr. Ir. Hj. Agustiana, M.P dan Dr. Ir. Hj. Dewi Kartika Sari, M.P., M.Si sebagai co-promotor, yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penulisan Laporan Hasil Disertasi ini. Terimakasih juga kepada Komisi Penguji yaitu Dr. Ir. Hj. Tanwirul Millati., M.P., Dr. Yuspihana Fitrial, S.Pi., M.Si., dan Dr. Dini Sofarini, S.Pi., M.S, yang telah memberikan saran dan arahan untuk kemajuan dari laporan hasil disertasi ini.

Penulisan Laporan Disertasi masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu diharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun akan selalu penulis terima dengan tangan terbuka. Akhir kata, semoga Laporan Disertasi ini bermanfaat dan dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Banjarbaru, Januari 2026

Candra  
NIM 2140511310008

## DAFTAR ISI

RINGKASAN .....	iii
<i>SUMMARY</i> .....	iv
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	5
1.3. Tujuan Penelitian .....	6
1.4. Manfaat Penelitian .....	6
1.5. Kebaruan ( <i>Novelty</i> ) .....	6
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1. Ikan Belut ( <i>Monopterus albus</i> Z) .....	7
2.2. Belut Sawah Sebagai Bioindikator, Biomarker dan Biomonitoring .....	8
2.3. Logam Berat pada Belut .....	11
2.3.1. Kadmium (Cd) .....	14
2.3.2. Timah (Pb) .....	14
2.4. Eliminasi Logam Berat pada Ikan .....	15
2.4.1. Depurasi .....	16
2.4.2. Perebusan ( <i>Boiling</i> ) .....	16
2.4.3. Pemanggang (Grilling) .....	17
2.5. Kandungan Gizi Ikan Belut .....	18
2.6. Pemanfaatan Ikan Belut .....	18
2.7. Tepung Belut .....	19
2.8. Mi instan .....	20
2.8.1. Kandungan Gizi Mi Instan. ....	20
2.8.2. Proses Pembuatan Mi Instan .....	20
2.8.3. Pencampuran (Gulia <i>et al.</i> , 2014) .....	21
2.8.4. Pengistirahatan Adonan (Setiyoko <i>et al.</i> , 2018) .....	22
2.8.5. Pembentukan Lembaran Adonan dan Pemotongan (Setyani <i>et</i> <i>al.</i> , 2017) .....	22
2.8.6. Pengukusan atau Perebusan (Yu <i>et al.</i> , 2020) .....	23
2.8.7. Pengeringan (Yu <i>et al.</i> , 2020) .....	23
2.9. Angka Kecukupan Gizi .....	23

3.	METODE PENELITIAN .....	27
3.1.	Kerangka Penelitian .....	27
3.2.	Tempat dan Waktu .....	27
3.3.	Tahapan Penelitian. ....	28
3.3.1.	Penelitian Tahap 1 .....	28
3.3.1.1.	Alat dan Bahan. ....	28
3.3.1.2.	Metode Pengambilan Data. ....	28
	A. Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel Belut. ....	28
	B. Metode Penelitian. ....	30
	C. Prosedur Pengujian Parameter Uji. ....	30
3.3.1.3.	Rancangan Penelitian. ....	33
3.3.1.4.	Hipotesis. ....	34
3.3.1.5.	Analisis Data. ....	34
3.3.2.	Penelitian Tahap 2 .....	35
3.3.2.1.	Alat dan Bahan. ....	35
3.3.2.2.	Metode Pengambilan Data. ....	35
	A. Prosedur Penelitian Tahap 2 .....	35
	B. Prosedur Pengujian Parameter Uji .....	38
3.3.2.3.	Rancangan Penelitian. ....	39
3.3.2.4.	Hipotesis. ....	39
3.3.2.5.	Analisis Data. ....	39
3.3.3.	Penelitian Tahap 3 .....	40
3.3.3.1.	Alat dan Bahan. ....	40
3.3.3.2.	Metode Pengambilan Data. ....	41
	A. Prosedur Pembuatan Tepung Ikan Belut (Candra <i>et al.</i> , 2022; dan Hikmah <i>et al.</i> , 2019 yang dimodifikasi).....	41
	B. Prosedur Pengujian Parameter Uji .....	42
3.3.3.3.	Rancangan Penelitian. ....	47
3.3.3.4.	Hipotesis. ....	47
3.3.3.5.	Analisis Data. ....	47
3.3.4.	Penelitian Tahap 4 .....	48
3.3.4.1.	Alat dan Bahan. ....	48
3.3.4.2.	Metode Pengambilan Data. ....	48
	A. Pembuatan Mi Instan dengan Kombinasi Formula Tepung Belut yang Berbeda (Dewinda (2016); Candra (2021) yang dimodifikasi) .....	48
	B. Prosedur Pengujian Parameter Uji .....	49
3.3.4.3.	Rancangan Penelitian. ....	51
3.3.4.4.	Hipotesis. ....	52
3.3.4.5.	Analisis Data. ....	52
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	54
4.1.	Hasil .....	54
4.1.1.	Penelitian Tahap 1 .....	54
4.1.2.	Penelitian Tahap 2 .....	57
4.1.3.	Penelitian Tahap 3 .....	60
4.1.4.	Penelitian Tahap 4 .....	63
4.2.	Pembahasan .....	66

4.2.1.	Penelitian Tahap I .....	66
4.2.1.1.	Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada Belut .....	66
4.2.1.2.	Kondisi Lingkungan Habitat Belut .....	71
	A. Kondisi Air Sungai .....	71
	B. Logam Berat pada Sedimen. ....	75
4.2.1.3.	Kebaruan dan Perlakuan Terbaik Penelitian Tahap 1 .....	76
4.2.2.	Penelitian Tahap 2 .....	77
4.2.2.1.	Depurasi .....	77
4.2.2.2.	Pemanggangan .....	79
4.2.2.3.	Perebusan .....	81
4.2.2.4.	Kompilasi proses eliminasi .....	82
4.2.2.5.	Kebaruan dan Perlakuan Terbaik Penelitian Tahap 2.....	86
4.2.3.	Penelitian Tahap 3 .....	86
4.2.3.1.	Karakteristik Fisika. ....	86
	A. Rendemen .....	87
	B. Kelarutan .....	88
4.2.3.2.	Karakteristik Kimia (Proksimat) .....	89
	A. Kadar Air .....	90
	B. Kadar Abu. ....	92
	C. Kadar Protein .....	93
	D. Kadar Lemak .....	95
	E. Kadar Karbohidrat <i>By Difference</i> . ....	96
4.2.3.3.	Uji Organoleptik (Uji Mutu Hedonik) .....	97
	A. Kenampakan .....	97
	B. Warna .....	98
	C. Aroma .....	99
	D. Tekstur .....	100
4.2.3.4.	Kebaharuan dan Perlakuan Terbaik Penelitian Tahap 3 .....	100
4.2.4.	Penelitian Tahap 4 .....	101
4.2.4.1.	Karakteristik Fisika .....	101
	A. Tekstur .....	102
	B. Daya Patah .....	103
	C. Kuat Tarik .....	104
	D. Elastisitas. ....	105
	E. Daya Serap Air. ....	106
4.2.4.2.	Karakteristik Kimia (Proksimat) .....	108
	A. Kadar Air .....	108
	B. Kadar Abu. ....	110
	C. Kadar Protein .....	110
	D. Kadar Lemak .....	111
	E. Kadar Karbohidrat .....	112
4.2.4.3.	Organoleptik (Uji Mutu Hedonik) .....	113
	A. Kenampakan .....	114
	B. Warna .....	115
	C. Aroma .....	116
	D. Tekstur .....	117
	E. Rasa .....	118

4.2.4.4. Parameter Angka Kecukupan Gizi (AKG) .....	119
A. AKG Remaja Laki-Laki .....	119
B. AKG Remaja Perempuan. ....	121
4.2.4.5. Kebaruan dan Perlakuan Terbaik Penelitian Tahap 4 .....	122
5. KESIMPULAN DAN SARAN .....	123
5.1. Kesimpulan .....	123
5.2. Saran .....	123
DAFTAR PUSTAKA .....	124
LAMPIRAN .....	137

## DAFTAR TABEL

No.	Halaman
Tabel 2.1. Bioakumulasi logam berat pada organ ikan .....	13
Tabel 2.2. Komposisi kimia ikan belut .....	19
Tabel 2.3. Data hasil pengujian proksimat (air, abu, protein dan lemak) dan TPC daging belut .....	21
Tabel 2.4. Kandungan gizi dari mi instan .....	22
Tabel 2.5. Angka kecukupan energi, protein, lemak, karbohidrat, serat dan air yang dianjurkan (per orang per hari) .....	25
Tabel 3.1. Koordinat stasiun pengambilan sampel .....	29
Tabel 3.2. Pengamatan penelitian tahap 1 .....	34
Tabel 3.3. Formula mi instan dengan variasi konsentrasi tepung belut sawah .....	49
Tabel 4.1. Kandungan kadmium (Cd) dan timbal (Pb) pada belut sawah dan habitatnya di Desa Sungai Batang .....	56
Tabel 4.2. Hasil eliminasi Cd dan Pb pada daging belut .....	58
Tabel 4.3. Hasil uji organoleptik daging belut .....	59
Tabel 4.4. Karakteristik tepung belut dengan perlakuan perebusan .....	60
Tabel 4.5. Karakteristik mi belut instan .....	64
Tabel 4.6. Efektivitas eliminasi Cd dan Pb .....	85

## DAFTAR GAMBAR

No.		Halaman
Gambar 2.1.	Ikan Belut ( <i>Monopterus albus</i> Z) (Dokumentasi Pribadi) .....	7
Gambar 2.2.	Pengaruh aktivitas enzim ChE <i>M. Albus</i> terhadap beragam logam berat (Khalidi <i>et al.</i> , 2020) .....	10
Gambar 2.3.	Siklus biogeokimia logam dan metaloid di seluruh kompartemen lingkungan dan biologis (Davis <i>and</i> Wosnick, 2022) .....	12
Gambar 2.4.	Baskom dan akuarium (Sriyono, 2019) .....	18
Gambar 2.5.	Mi Instan (Dokumen Pribadi) .....	21
Gambar 3.1.	Kerangka pemikiran penelitian disertasi .....	27
Gambar 3.2.	Lokasi pengambilan sampel (ikan belut) .....	29
Gambar 3.3.	Diagram alir pemanggangan ikan belut .....	37
Gambar 3.4.	Diagram alir perebusan ikan belut .....	38
Gambar 3.5.	Diagram alir pengolahan tepung ikan belut .....	42
Gambar 3.6.	Diagram alir pembuatan mi instan dengan kombinasi formula tepung belut yang berbeda (Dewinda (2016); Candra (2021) yang dimodifikasi) .....	49
Gambar 4.1.	Stasiun pengambilan sampel Desa Sungai Batang Martapura .	54
Gambar 4.2.	Belut di Sungai Batang Martapura .....	55
Gambar 4.3.	Dokumentasi sampel eliminasi logam berat Cd dan Pb pada belut sawah .....	58
Gambar 4.4.	Tepung belut hasil penelitian .....	60
Gambar 4.5.	Dokumentasi sampel mi belut instan .....	64
Gambar 4.6.	Kandungan kadmium (Cd) pada belut sawah yang tertangkap di Desa Sungai Batang .....	66
Gambar 4.7.	Kandungan timbal (Pb) pada belut sawah yang tertangkap di Desa Sungai Batang .....	68

Gambar 4.8. Lokasi sampling di Desa Sungai Batang Martapura .....	69
Gambar 4.9. Kandungan kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada air sungai di Desa Sungai Batang .....	71
Gambar 4.10. Nilai suhu, DO dan pH pada air sungai di Desa Sungai Batang .....	73
Gambar 4.11. Kandungan kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada sedimen di Desa Sungai Batang .....	75
Gambar 4.12. Efektivitas depurasi dalam eliminasi kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) serta nilai organoleptik pada belut sawah .....	77
Gambar 4.13. Efektivitas pemanggangan dalam eliminasi kadmium (Cd) dan timbal (Pb) serta nilai organoleptik pada belut sawah.....	79
Gambar 4.14. Efektivitas depurasi dalam eliminasi kandungan kadmium (Cd) dan timbal (Pb) serta nilai organoleptik pada belut sawah .....	81
Gambar 4.15. Efektivitas depurasi, pemanggangan dan perebusan dalam eliminasi kandungan kadmium (Cd) dan timbal (Pb) pada belut sawah .....	83
Gambar 4.16. Rendemen dan kelarutan tepung belut sawah dengan lama waktu perebusan yang berbeda .....	87
Gambar 4.17. Nilai kimia (nilai proksimat) tepung belut sawah dengan lama waktu perebusan yang berbeda .....	90
Gambar 4.18. Nilai rata-rata organoleptik pada tepung belut sawah dengan lama waktu perebusan yang berbeda.....	97
Gambar 4.19. Nilai uji fisika mi instan belut .....	101
Gambar 4.20. Nilai kimia (nilai proksimat) mi belut instan .....	108
Gambar 4.21. Nilai organoleptik mi belut instan .....	114
Gambar 4.22. AKG mi belut instan pada remaja laki-laki.....	120
Gambar 4.23. AKG mi belut instan pada remaja perempuan .....	121

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Halaman
Lampiran 1.	Skor sheet Uji Organoleptik ..... 138
Lampiran 1.1.	Skor sheet Uji Organoleptik Ikan Segar (BSN 2006). ..... 138
Lampiran 1.2.	Skor Sheet Uji Organoleptik Ikan Panggang. .... 139
Lampiran 1.3.	<i>Score Sheet</i> Uji Organoleptik Belut Sawah Rebus. .... 140
Lampiran 1.4.	Lembar Score Sheet Organoleptik Tepung Belut. .... 140
Lampiran 1.5.	Lembar Skor Sheet Uji Organoleptik Mi Instan. .... 141
Lampiran 2.	Data Hasil Penelitian Tahap I. .... 142
Lampiran 2.1.	Uji Homogenitas Data Logam Berat Cd. .... 142
Lampiran 2.2.	Uji Anova Data Logam Berat Cd. .... 142
Lampiran 2.3.	Uji Anova Data Logam Berat Pb. .... 143
Lampiran 3.	Data Hasil Penelitian Tahap II. .... 145
Lampiran 3.1.	Uji Homogenitas Data Logam Berat Cd. .... 146
Lampiran 3.2.	Uji Anova Data Logam Berat Cd. .... 146
Lampiran 3.3.	Uji Homogenitas Data Logam Berat Pb. .... 150
Lampiran 3.4.	Uji Anova Data Logam Berat Pb. .... 150
Lampiran 3.5.	Data nilai organoleptik perlakuan eliminasi LB Belut. .... 154
Lampiran 3.5.1.	Depurasi ..... 154
	A. Kenampakan. .... 154
	B. Aroma. .... 155
	C. Tekstur ..... 156
Lampiran 3.5.2.	Pemanggangan. .... 156
	A. Kenampakan. .... 156
	B. Aroma. .... 157
	C. Tekstur ..... 158
Lampiran 3.5.2.	Perebusan. .... 159
	A. Kenampakan. .... 159
	B. Aroma. .... 160
	C. Tekstur ..... 160
Lampiran 4.	Data Hasil Penelitian Tahap III ..... 162
Lampiran 4.1.	Data Rendemen Tepung Belut. .... 162
Lampiran 4.1.1.	Uji Homogenitas Data Rendemen Tepung Belut. .... 162
Lampiran 4.1.2.	Uji Anova Data Rendemen Tepung Belut. .... 162

Lampiran 4.2.	Data Kelarutan Tepung Belut. ....	162
Lampiran 4.2.1.	Uji Homogenitas Data Kelarutan Tepung Belut. ....	163
Lampiran 4.2.1.	Uji Anova Data Kelarutan Tepung Belut. ....	163
Lampiran 4.3.	Data Kadar Air Tepung Belut. ....	164
Lampiran 4.3.1.	Uji Homogenitas Data Kadar Air Tepung Belut. ....	164
Lampiran 4.3.2.	Uji Anova Data Kadar Air Tepung Belut. ....	164
Lampiran 4.4.	Data Kadar Abu Tepung Belut. ....	165
Lampiran 4.4.1.	Uji Homogenitas Data Kadar Abu Tepung Belut. ....	165
Lampiran 4.4.2.	Uji Anova Data Kadar Abu Tepung Belut. ....	166
Lampiran 4.5.	Data Kadar Protein Tepung Belut. ....	166
Lampiran 4.5.1.	Uji Homogenitas Data Kadar Protein Tepung Belut. ....	166
Lampiran 4.5.1.	Uji Anova Data Kadar Protein Tepung Belut. ....	166
Lampiran 4.6.	Data Kadar Lemak Tepung Belut. ....	167
Lampiran 4.6.1.	Uji Homogenitas Data Kadar Lemak Tepung Belut. ....	168
Lampiran 4.6.2.	Uji Anova Data Kadar Lemak Tepung Belut. ....	168
Lampiran 4.7.	Data Kadar Karbohidrat Tepung Belut. ....	169
Lampiran 4.7.1.	Uji Homogenitas Data Kadar Karbohidrat Tepung Belut. .	169
Lampiran 4.7.2.	Uji Anova Data Kadar Karbohidrat Tepung Belut. ....	169
Lampiran 4.8.	Uji Tanda Data Organoleptik Tepung Belut. ....	170
Lampiran 4.8.1.	Hasil Uji Tanda Spesifikasi Kenampakan Tepung Belut Sawah dengan Lama Waktu Perebusan yang Berbeda. ....	170
Lampiran 4.8.2.	Hasil Uji Tanda Spesifikasi Warna Tepung Belut Sawah dengan Lama Waktu Perebusan yang Berbeda. ....	172
Lampiran 4.8.3.	Hasil Uji Tanda Spesifikasi Aroma Tepung Belut Sawah dengan Lama Waktu Perebusan yang Berbeda. ....	173
Lampiran 4.8.4.	Hasil Uji Tanda Spesifikasi Tekstur Tepung Belut Sawah dengan Lama Waktu Perebusan yang Berbeda. ....	174
Lampiran 5.	Data Hasil Penelitian Tahap IV. ....	176
Lampiran 5.1.	Data Nilai Tekstur Mi Belut. ....	176
Lampiran 5.1.1.	Uji Homogenitas Data Nilai Tekstur Mi Belut. ....	176
Lampiran 5.1.2.	Uji Anova Data Nilai Tekstur Mi Belut. ....	176
Lampiran 5.2.	Data Nilai Daya Patah Mi Belut. ....	177

Lampiran 5.2.1.	Uji Homogenitas Data Nilai Daya Patah Mi Belut. ....	178
Lampiran 5.2.2.	Uji Anova Data Nilai Daya Patah Mi Belut. ....	178
Lampiran 5.3.	Data Nilai Kuat Tarik Mi Belut. ....	179
Lampiran 5.3.1.	Uji Homogenitas Data Nilai Kuat Tarik Mi Belut ....	179
Lampiran 5.3.2.	Uji Anova Data Nilai Kuat Tarik Mi Belut. ....	179
Lampiran 5.4.	Data Nilai Elastisitas Mi Belut. ....	181
Lampiran 5.4.1.	Uji Homogenitas Data Nilai Elastisitas Mi Belut. ....	181
Lampiran 5.4.2.	Uji Anova Data Nilai Elastisitas Mi Belut. ....	181
Lampiran 5.5.	Data Nilai Daya Serap Air Mi Belut. ....	182
Lampiran 5.5.1.	Uji Homogenitas Data Nilai Daya Serap Air Mi Belut. ....	182
Lampiran 5.5.2.	Uji Anova Data Nilai Daya Serap Air Mi Belut. ....	182
Lampiran 5.5.	Data Nilai Kadar Air Mi Belut. ....	183
Lampiran 5.5.1.	Uji Homogenitas Data Nilai Kadar Air Mi Belut. ....	183
Lampiran 5.5.2.	Uji Anova Data Nilai Kadar Air Mi Belut. ....	183
Lampiran 5.6.	Data Nilai Kadar Abu Mi Belut. ....	184
Lampiran 5.6.1.	Uji Homogenitas Data Nilai Kadar Abu Mi Belut. ....	185
Lampiran 5.6.2.	Uji Anova Data Nilai Kadar Abu Mi Belut. ....	185
Lampiran 5.7.	Data Nilai Kadar Protein Mi Belut. ....	186
Lampiran 5.7.1.	Uji Homogenitas Data Nilai Kadar Protein Mi Belut. ....	186
Lampiran 5.7.2.	Uji Anova Data Nilai Kadar Protein Mi Belut. ....	187
Lampiran 5.8.	Data Nilai Kadar Lemak Mi Belut. ....	188
Lampiran 5.8.1.	Uji Homogenitas Data Nilai Kadar Lemak Mi Belut. ....	188
Lampiran 5.8.2.	Uji Anova Data Nilai Kadar Lemak Mi Belut ....	189
Lampiran 5.9.	Data Nilai Kadar Karbohidrat Mi Belut. ....	190
Lampiran 5.9.1.	Uji Homogenitas Data Nilai Kadar Karbohidrat Mi Belut	190
Lampiran 5.9.2.	Uji Anova Data Nilai Kadar Karbohidrat Mi Belut. ....	190
Lampiran 5.10.	Data Organoleptik Mi Belut. ....	192
Lampiran 5.11.	Data Nilai AKG Laki-laki dan Perempuan Mi Belut. ....	198
Lampiran 5.11.1.	Uji Homogenitas Data Nilai AKG Laki-laki Mi Belut. ....	198
Lampiran 5.11.2.	Uji Anova Data Nilai AKG Laki-Laki Mi Belut. ....	198
Lampiran 5.11.3.	Uji Homogenitas Data Nilai AKG Perempuan Mi Belut. ..	200

Lampiran 5.11.4. Uji Anova Data Nilai AKG Perempuan Mi Belut. ....	200
Lampiran 6. Dokumentasi Kegiatan Penelitian. ....	202
Lampiran 6.1. Dokumentasi Kegiatan Penelitian Tahap 1 .....	202
Lampiran 6.2. Dokumentasi Kegiatan Penelitian Tahap 2. ....	202
Lampiran 6.3. Dokumentasi Kegiatan Penelitian Tahap 3. ....	203
Lampiran 6.4. Dokumentasi Kegiatan Penelitian Tahap 4. ....	204