



PROFIL CEMARAN DAN KAJIAN PAPARAN Cd, Pb, DAN As DARI BERAS DI INDONESIA

FITRIA YULIANI
F2502222035



MAGISTER TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA*

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul Profil Cemar dan Kajian Paparan Cd, Pb, dan As dari Beras di Indonesia adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2025

**Fitria Yuliani
NIM F2502222035**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

FITRIA YULIANI. Profil Cemaran dan Kajian Paparan Cd, Pb, dan As dari Beras di Indonesia, dibimbing oleh NURI ANDARWULAN dan DIDAH NUR FARIDAH.

Keamanan pangan saat ini menjadi perhatian utama di seluruh dunia. Kontaminasi makanan oleh logam berat telah dianggap sebagai masalah serius karena sifatnya yang stabil, tidak dapat terurai, dan bersifat persisten. Paparan logam berat pada tubuh manusia dapat terjadi dengan tiga cara yaitu pencernaan, pernafasan, dan kontak kulit, akan tetapi paparan logam berat pada manusia adalah melalui konsumsi makanan. Di antara beberapa produk pertanian, beras sebagian besar dapat mengakumulasi logam berat yang menyebabkan gangguan kesehatan manusia yang serius. Dalam penelitian ini, kontaminasi logam berat (Cd, Pb, dan As) pada beras diuji menggunakan ICP-MS pada sampel beras yang diambil dari 30 provinsi di Indonesia. Penelitian ini menemukan bahwa kadar rata-rata Cd, Pb, dan i-As pada beras dari Indonesia menunjukkan hasil di bawah batas maksimum kontaminasi Codex. Kadar logam berat dalam beras ditemukan mengikuti urutan $Pb > i-As > Cd$. Kadar Cd pada beras dari Sumatera Barat dan Gorontalo melebihi batas maksimum kontaminasi Codex tahun 2023. Sementara itu, kadar Pb dan As pada beras dari Lampung dan Bangka Belitung melebihi batas maksimum kontaminasi Codex tahun 2023. Kadar Cd pada beras yang diproses menjadi nasi matang berkurang sebanyak 0,76 kali dibandingkan dengan kadar Cd pada beras mentah, kadar Pb pada nasi matang meningkat sebanyak 14,03 kali dibandingkan dengan kadar Pb pada beras mentah, dan kadar As pada nasi matang tidak berkurang secara signifikan dibandingkan dengan kadar As pada beras mentah. Nilai risiko rata-rata untuk paparan Cd dari beras mentah dan nasi matang untuk semua kelompok umur dianggap rendah $<100\%$ *Provisional Tolerable Monthly Intake* (PTMI). Nilai *margin of exposure* (MOE) untuk paparan Pb dan i-As pada beras dan nasi matang rendah, yang menunjukkan risiko tinggi di semua kelompok umur. Penurunan IQ pada balita (0-59 bulan) akibat paparan Pb dari beras adalah $0,18 \pm 0,07$ poin; pada anak-anak (5-12 tahun) penurunan IQ sebesar $0,38 \pm 0,14$ poin. Penurunan IQ akibat paparan Pb dari nasi matang pada balita adalah $2,59 \pm 0,95$ poin, dan pada anak-anak, penurunan IQ sebesar $5,27 \pm 1,93$ poin.

Kata kunci: beras, kajian paparan, logam berat

SUMMARY

FITRIA YULIANI. *Contamination Profiles and Exposure Assessment of Cd, Pb, and As from Rice in Indonesia, Supervised by NURI ANDARWULAN and DIDAH NUR FARIDAH.*

Food safety has emerged as a critical global concern, particularly due to the contamination of food products with heavy metals, which are known for their stability, persistence, and non-degradable nature. Human exposure to heavy metals can occur through ingestion, inhalation, and dermal contact; however, the primary route of exposure is through dietary intake. Among various agricultural commodities, rice is especially prone to accumulating heavy metals, posing significant health risks. This study assessed the presence of heavy metals (Cd, Pb, and As) in rice samples collected from 30 provinces across Indonesia, using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). The results indicated that the average concentrations of cadmium (Cd), lead (Pb), and inorganic arsenic (i-As) in rice were within the maximum contaminant limits established by the Codex Alimentarius. The concentration trend observed was $Pb > i-As > Cd$. Notably, Cd levels in rice samples from West Sumatra and Gorontalo exceeded the Codex thresholds. Similarly, elevated levels of Pb and As were found in rice from Lampung and Bangka Belitung, surpassing safe limits. During the cooking process, Cd levels in rice decreased by approximately 0.76 times, while Pb levels significantly increased—by as much as 14.03 times—compared to raw rice. Arsenic levels, on the other hand, remained relatively unchanged post-cooking. The estimated average health risk from cadmium exposure through both raw and cooked rice was low across all age groups (below 100% of the Provisional Tolerable Monthly Intake or PTMI). In contrast, the margin of exposure (MOE) values for Pb and i-As were found to be low, indicating a considerable health risk for all age categories. The estimated IQ reduction due to Pb exposure from rice for the age group of toddlers (0-59 months) from rice is 0.18 ± 0.07 points, while for children (5-12 years), it is 0.38 ± 0.14 points. These reductions are lower than the IQ decrease observed at the maximum regulatory exposure limits. However, the IQ reduction from Pb exposure in rice for toddlers is 2.59 ± 0.95 points, and for children, it is 5.27 ± 1.93 points.

Keywords: *rice, exposure assessment, heavy metal*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2025
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PROFIL CEMARAN DAN KAJIAN PAPARAN Cd, Pb, DAN As DARI BERAS DI INDONESIA

FITRIA YULIANI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Teknologi Pangan
pada
Program Studi Magister Teknologi Pangan

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi pada Ujian Tesis: Dr. Puspo Edi Giriwono, S.TP, M.Agr

Judul Tesis : Profil Cemaran dan Kajian Paparan Cd, Pb, dan As dari Beras di Indonesia
Nama : Fitria Yuliani
NIM : F2502222035

Disetujui oleh

Pembimbing 1

Prof. Dr. Nuri Andarwulan, M.Si



Pembimbing 2

Prof. Dr. Didah Nur Faridah S.TP, M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi
Dr. Nur Wulandari STP., M.Si
NIP. 197410032000032001



Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr
NIP. 196105021986031002



Tanggal Ujian: 5 Juni 2025

Tanggal Pengesahan: 15 Juli 2025

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema penelitian yang dilaksanakan dari bulan Agustus 2023 hingga April 2024 ini ialah keamanan pangan, yang Berjudul Profil Cemaran dan Kajian Paparan Cd, Pb, dan As dari Beras di Indonesia

Terima kasih penulis ucapkan kepada Ibu Prof. Dr. Nuri Andarwulan, MSi dan Ibu Prof. Dr. Didah Nur Faridah S.TP, M.Si selaku pembimbing. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Balai Pengujian Mutu Produk Tanaman Kementerian Pertanian dan rekan-rekan MPTPN 18 yang telah memberikan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan studi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada suami dan anak-anak tercinta atas segala doa dan kasih sayangnya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Juni 2025

Fitria Yuliani

DAFTAR ISI

RINGKASAN	iii
SUMMARY	iv
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Regulasi Logam Berat	4
2.2 Logam berat Kadmium (Cd)	4
2.3 Logam Berat Timbal (Pb)	7
2.4 Logam Berat Arsen (As)	8
2.5 Pengujian Logam Berat dengan ICP-MS	9
2.6 Kajian Paparan Cemaran Logam Berat	10
III METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.3 Prosedur Penelitian	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Cemaran Cd, Pb, As total dan As anorganik pada beras	24
4.2 Perubahan Kadar Cd, Pb, As pada Nasi	27
Keterangan: data kadar logam berat hasil analisis dalam <i>wet basis</i>	31
4.3 Kajian Paparan Cd pada Beras dan Nasi	31
4.4 Kajian Paparan Pb pada Beras dan Nasi	33
4.5 Kajian Paparan As pada Beras dan Nasi	34
4.6 Karakterisasi Risiko Cd pada Beras dan Nasi	36
4.7 Karakterisasi Risiko As pada Beras dan Nasi	37
4.8 Karakterisasi Risiko Pb pada Beras dan Nasi	37
4.9 Keterbatasan Penelitian	39
V SIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Simpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	52

DAFTAR TABEL

1	Cemaran kadmium pada beras di Indonesia	7
2	Cemaran Pb pada beras di Indonesia	8
3	Cemaran As pada beras di Indonesia	9
4	Perkiraan paparan timbal melalui makanan yang terkait dengan penurunan IQ pada anak-anak menggunakan output gabungan dari model bilinear dan Hill	12
5	Kota dan kabupaten lokasi sampling	16
6	Kondisi dan pengaturan ICP-MS untuk analisis Cd, Pb dan As	20
7	Kadar t-As and i-As pada beras dari beberapa negara di Asia	20
8	Kadar Cd, Pb dan As total pada beras dari 30 provinsi di Indonesia	24
9	Kadar logam berat pada beras dan batasan maksimum logam berat di dunia	27
10	Kadar Cd pada beras, nasi yang dimasak dengan <i>rice cooker</i> dan nasi yang dimasak dengan pengukusan.	28
11	Kadar Pb pada beras, nasi yang dimasak dengan <i>rice cooker</i> dan nasi yang dimasak dengan pengukusan.	29
12	Kadar As total pada beras, nasi yang dimasak dengan <i>rice cooker</i> dan nasi yang dimasak dengan pengukusan.	30
13	Perubahan kadar Cd, Pb, dan As total dari beras menjadi nasi	30
14	Kadar logam berat Cd, Pb, As sesuai regulasi dan analisis untuk perhitungan paparan	31
15	Konsumsi beras dan berat badan setiap kelompok umur berdasarkan SKMI 2015	31
16	Paparan Cd dari beras dan nasi pada setiap kelompok umur	32
17	Kontribusi serealida dan olahannya terhadap paparan Cd menurut ACKM	32
18	Perbandingan nilai rerata paparan Cd dari beras dan nasi menurut kelompok umur hasil penelitian terhadap nilai paparan Cd dari kelompok serealida dan olahannya pada data ACKM	33
19	Paparan Pb pada beras dan nasi hasil pada setiap kelompok umur	33
20	Kontribusi serealida dan olahannya terhadap paparan As total menurut ACKM	34
21	Perbandingan nilai rerata paparan Pb dari beras dan nasi menurut kelompok umur hasil penelitian terhadap nilai paparan Pb dari kelompok serealida dan olahannya pada data ACKM	34
22	Paparan As total dan paparan As anorganik pada beras dan nasi menurut kelompok umur	35
23	Kontribusi serealida dan olahannya terhadap paparan As total menurut ACKM	35
24	Perbandingan nilai rerata paparan As total dan i-As dari beras dan nasi menurut kelompok umur hasil penelitian terhadap nilai paparan As dari kelompok serealida dan olahannya pada data ACKM	36
25	Paparan Cd pada beras dan nasi di indonesia, sebagai persentase terhadap nilai PTMI (25 µg/kg bb/bulan)	36

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

26	Karakterisasi risiko sebagai nilai <i>Margin of Exposure</i> (MOE) terhadap paparan As anorganik pada beras dan nasi	37
27	Karakterisasi risiko sebagai nilai <i>Margin of Exposure</i> (MOE) terhadap paparan Pb pada beras dan nasi	38
28	Penurunan nilai IQ pada balita dan anak-anak berdasarkan nilai paparan Pb pada beras dan nasi	39

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir tahapan penelitian	15
2	Produksi Padi di 34 Provinsi Indonesia Tahun 2022	16
3	Diagram alir persiapan uji sampel di laboratorium	19
4	Korelasi konsentrasi total Arsen dan Arsen anorganik pada beras dari studi literatur	20
5	Pengolahan nasi menggunakan <i>rice cooker</i> dan pengolahan nasi dengan cara dikukus	21
6	Rata-rata hasil uji logam berat dari beras di 30 provinsi di Indonesia (a) Cd, (b) Pb	25
7	Kadar i-As dari beras di 30 provinsi di Indonesia	26
8	Kadar Pb, Cd dan As pada beras, nasi yang diolah dengan <i>rice cooker</i> dan nasi yang diolah dengan pengukusan	27

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR LAMPIRAN

1	Kadar Pb dan As total pada beras dari 30 provinsi di Indonesia yang berada di bawah batas maksimum cemaran Codex 2023	51
2	Paparan Pb pada beras dan nasi hasil pada setiap kelompok umur tanpa data Pb Provinsi Lampung dan Bangka Belitung	51
3	Paparan As anorganik pada beras dan nasi hasil pada setiap kelompok umur tanpa data Provinsi Lampung dan Bangka Belitung	52
4	Karakterisasi risiko sebagai nilai <i>Margin of Exposure</i> (MOE) terhadap paparan As anorganik pada beras dan nasi tanpa data Provinsi Lampung dan Bangka Belitung	52
5	Karakterisasi risiko sebagai nilai <i>Margin of Exposure</i> (MOE) terhadap paparan Pb pada beras dan nasi tanpa data Provinsi Lampung dan Bangka Belitung	52
6	Penurunan nilai IQ pada balita dan anak-anak berdasarkan nilai paparan Pb pada beras dan nasi tanpa data Provinsi Lampung dan Bangka Belitung	52

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.