

**KAJIAN KANDUNGAN LOGAM BERAT
DALAM GABAH (*Oryza sativa L.*) VARIETAS CIHERANG
YANG DITANAM PADA LAHAN SAWAH IRIGASI
DAS CITARUM HULU**

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh:

Dini Nur Utami

15.302.0245



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2019**

**KAJIAN KANDUNGAN LOGAM BERAT
DALAM GABAH (*Oryza sativa L.*) VARIETAS CIHERANG
YANG DITANAM PADA LAHAN SAWAH IRIGASI
DAS CITARUM HULU**

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh:

Dini Nur Utami
15.302.0245

Menyetujui:

Pembimbing I


Dr. Ir. H. Dede Zainal Arief, M.Sc.

Pembimbing II


Yuliyah Mahdalena H., S.T., M.PSDA.

ABSTRAK

DAS Citarum Hulu dengan luas daerah irigasi mencapai 16.659 hektar banyak mendapat beban pencemaran air akibat limbah industri, domestik, dan pertanian. Logam berat merupakan salah satu zat pencemar Sungai Citarum. Gabah atau beras sebagai hasil pertanian dari daerah irigasi DAS Citarum Hulu responsif terhadap penyerapan logam berat dari media tanam ke bagian tumbuhan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengetahui kandungan logam berat dalam gabah yang ditanam di sawah irigasi DAS Citarum Hulu.

Metode penelitian menggunakan metode survei dengan cara sampling gabah di daerah irigasi DAS Citarum Hulu secara purposive berdasarkan perbedaan beban pencemar akibat limbah industri, domestik, dan pertanian. Metode spektrofotometri digunakan untuk analisis logam berat dalam gabah dengan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) terhadap logam besi (Fe), mangan (Mn), seng (Zn), kromium (Cr), tembaga (Cu), kadmium (Cd), timbal (Pb), dan nikel (Ni).

Hasil penelitian menunjukkan adanya gabah di lahan sawah irigasi DAS Citarum Hulu yang mengandung logam berat. Konsentrasi Fe dalam gabah pada interval 342-745 mg/kg; konsentrasi Mn 17,4-96,0 mg/kg; konsentrasi Zn 16,9-94,6 mg/kg; konsentrasi Cr 35,2-88,9 mg/kg; konsentrasi Cu 1,91-5,66 mg/kg; konsentrasi Cd <0,001-0,483 mg/kg; konsentrasi Pb <0,009-0,397 mg/kg; konsentrasi Ni 0,591-1,84 mg/kg. Seluruh gabah di kelimabelas lokasi sampling menunjukkan adanya tingkat bahaya konsumsi apabila ditinjau dari nilai *hazard quotient* (HQ) lebih dari satu untuk kandungan logam Fe dan Mn dalam gabah.

Kata kunci: beras, DAS Citarum Hulu, gabah, logam berat, Sungai Citarum

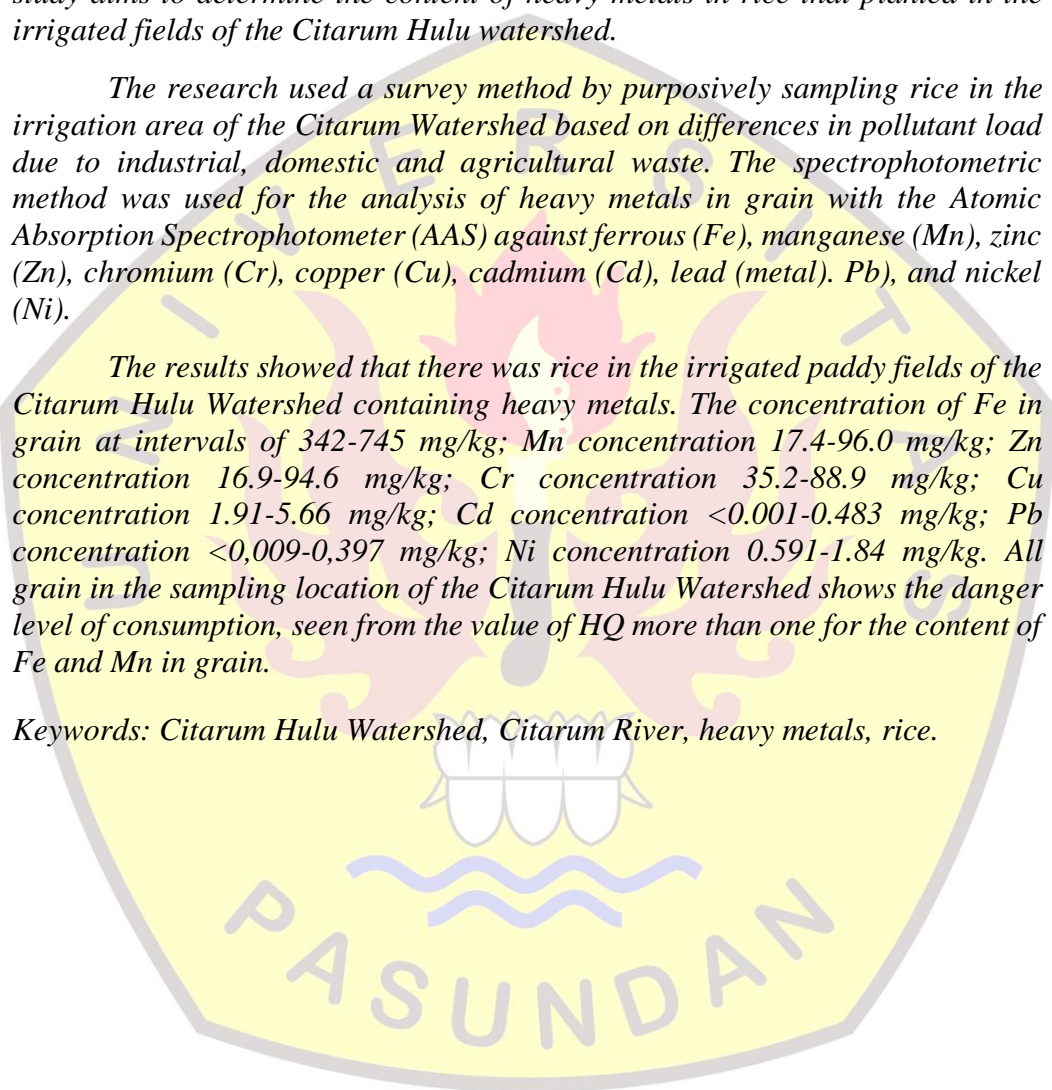
ABSTRACT

The Citarum Hulu Watershed with 16,659 hectares area of irrigation has a lot of water pollution due to industrial, domestic and agricultural waste. Heavy metal is one of the pollutants in Citarum River. Rice as an agricultural product from the irrigation area of the Citarum Hulu Watershed is responsive to the absorption of heavy metals from the growing media to plant parts. Therefore, this study aims to determine the content of heavy metals in rice that planted in the irrigated fields of the Citarum Hulu watershed.

The research used a survey method by purposively sampling rice in the irrigation area of the Citarum Watershed based on differences in pollutant load due to industrial, domestic and agricultural waste. The spectrophotometric method was used for the analysis of heavy metals in grain with the Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) against ferrous (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn), chromium (Cr), copper (Cu), cadmium (Cd), lead (metal). Pb, and nickel (Ni).

The results showed that there was rice in the irrigated paddy fields of the Citarum Hulu Watershed containing heavy metals. The concentration of Fe in grain at intervals of 342-745 mg/kg; Mn concentration 17.4-96.0 mg/kg; Zn concentration 16.9-94.6 mg/kg; Cr concentration 35.2-88.9 mg/kg; Cu concentration 1.91-5.66 mg/kg; Cd concentration <0.001-0.483 mg/kg; Pb concentration <0,009-0,397 mg/kg; Ni concentration 0.591-1.84 mg/kg. All grain in the sampling location of the Citarum Hulu Watershed shows the danger level of consumption, seen from the value of HQ more than one for the content of Fe and Mn in grain.

Keywords: Citarum Hulu Watershed, Citarum River, heavy metals, rice.

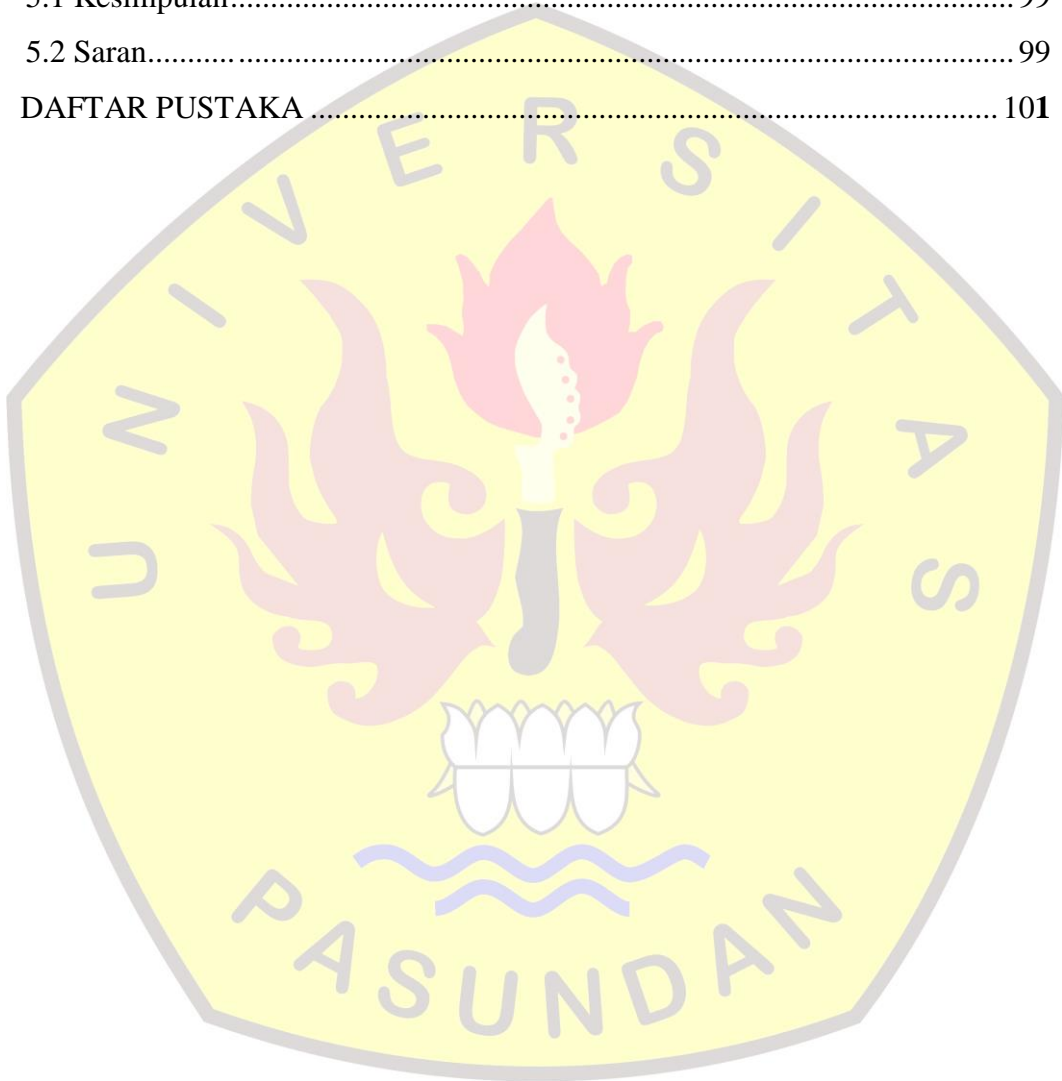


DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah	4
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Kerangka Pemikiran	4
1.6. Hipotesis Penelitian	9
1.7. Waktu dan Tempat Penelitian.....	9
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Profil Sungai Citarum.....	10
2.2. Daerah Irigasi Sungai Citarum Hulu	14
2.3. Beras dan Cemarkan Logam Berat dalam Beras	16
2.4. Toksisitas Logam Berat	21
2.4.1 Besi.....	22
2.4.2 Mangan.....	23
2.4.3 Seng.....	23
2.4.4 Kromium.....	24
2.4.5 Tembaga.....	24
2.4.6 Kadmium.....	25
2.4.7 Timbal.....	26
2.4.8 Nikel.....	27
2.5. Spektrofotometri Serapan Atom	29
2.6. Metode Penelitian Survei.....	30
2.7. Teknik Sampling.....	32

III. METODOLOGI PENELITIAN.....	35
3.1. Bahan dan Alat	35
3.1.1. Bahan yang digunakan	35
3.1.2. Alat yang digunakan	35
3.2. Metode Penelitian	35
3.3. Deskripsi Penelitian.....	36
3.3.1. Penentuan Lokasi Sampling.....	37
3.3.2. Penentuan Teknik Sampling	38
3.3.3. Penentuan Teknik Pengumpulan Data	39
3.3.4. Penentuan Teknik Analisis Data	39
3.4 Jadwal Penelitian.....	40
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	41
4.1.1 Situ Cisanti	49
4.1.2 Wanir.....	49
4.1.3 Wangisagara	50
4.1.4 Biru.....	51
4.1.5 Koyod.....	52
4.1.6 Sapan.....	53
4.1.7 Cimanggung.....	54
4.1.8 Linggar.....	55
4.1.9 Bojongloa.....	56
4.1.10 Tegalluar	57
4.1.11 Lengkong	58
4.1.12 Dayeuhkolot.....	59
4.1.13 Katapang	60
4.1.14 Buahbatu.....	61
4.1.15 Kutawaringin	62
4.1.16 Melong.....	63
4.2 Hasil Analisis Konsentrasi Logam dalam Gabah.....	64
4.3 Kandungan Logam Berat dalam Gabah Berdasarkan Perbedaan Sumber Pencemar Air Irigasi	65
4.3.1 Pertanian.....	67
4.3.2 Industri.....	68
4.3.3 Permukiman.....	70
4.4 Pembahasan Kandungan Logam dalam Gabah	70
4.4.1 Besi.....	71
4.4.2 Mangan.....	73
4.4.3 Seng.....	76
4.4.4 Kromium.....	79
4.4.5 Tembaga.....	82
4.4.6 Kadmium.....	84

4.4.7 Timbal.....	87
4.4.8 Nikel.....	89
4.4 <i>Hazard Quotient</i> Asupan Logam Berat.....	92
4.5 Keberadaan Logam Berat dalam Gabah dan Risiko Bahaya terhadap Kesehatan Manusia Melalui Konsumsi	97
V. KESIMPULAN	99
5.1 Kesimpulan.....	99
5.2 Saran.....	99
DAFTAR PUSTAKA	101



I. PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan: (1.1) Latar Belakang, (1.2) Identifikasi Masalah, (1.3) Maksud dan Tujuan Penelitian, (1.4) Manfaat Penelitian, (1.5) Kerangka Penelitian, (1.6) Hipotesis Penelitian, dan (1.7) Tempat dan Waktu Penelitian.

1.1. Latar Belakang

Beras merupakan salah satu kelompok serealia yang menjadi makanan pokok bagi mayoritas penduduk Indonesia. Proyeksi konsumsi beras menurut Badan Pusat Statistik pada 2018 akan mencapai 33,1 juta ton hingga akhir tahun dengan rata-rata konsumsi per minggu ialah 1,57 kilogram beras per orang. Tingginya konsumsi beras sebagai makanan pokok, diimbangi dengan produksi beras nasional. Kualitas beras yang dikonsumsi secara umum harus memenuhi syarat bebas hama dan penyakit, bebas bau apek, asam, atau bau asing lainnya, bebas dari campuran dedak dan bekatul, serta bebas dari bahan kimia yang membahayakan dan merugikan konsumen, seperti yang disebutkan dalam SNI 6128:2015 tentang Beras. Salah satu bahan kimia yang menentukan mutu beras adalah kandungan logam berat. SNI tersebut menyatakan beras harus memenuhi syarat keamanan di bawah batas maksimum cemaran logam berat sesuai SNI 7387:2009.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, produksi beras Indonesia diproyeksikan mencapai 47,2 juta ton dengan luas lahan panen mencapai 15,79 juta hektar pada tahun 2018. 13,44% luas lahan panen dari angka tersebut dihasilkan di Jawa Barat yang merupakan provinsi penghasil beras terbesar kedua setelah

Provinsi Jawa Timur. Berdasarkan jenis pengairannya, 80,96% lahan sawah tersebut merupakan sawah irigasi di mana salah satunya berasal dari Sungai Citarum yang terbentang 265 km dengan luas mencapai 6.614 km² (BPS, 2015). Sungai Citarum turut mendukung ketahanan pangan dengan menyediakan 5.293,5 juta m³ air per tahun untuk mengairi daerah irigasi seluas 34.396 hektar. Irigasi didefinisikan dalam Peraturan Pemerintah nomor 23 tahun 1982 sebagai usaha penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian. Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum dibagi menjadi tiga bagian mencakup wilayah hulu, tengah, dan hilir. DAS Citarum hulu melingkupi wilayah Gunung Wayang hingga Waduk Saguling melewati Kabupaten Sumedang, Kabupaten Bandung, Kota Bandung, dan Kota Cimahi dengan luas daerah irigasi mencapai 16.659 hektar. DAS Citarum tengah meliputi cekungan Saguling, Waduk Cirata hingga Waduk Jatiluhur melewati Kabupaten Cianjur dan Kabupaten Purwakarta dengan luas daerah irigasi 11.827 hektar. DAS Citarum Hilir dari Bendung Curug sampai muara sungai melewati Kabupaten Karawang dan Kabupaten Bekasi dengan luas daerah irigasi 5.910 hektar.

Berbagai aktivitas manusia dilakukan DAS Citarum, baik kegiatan pertanian, peternakan, industri, maupun rumah tangga yang dapat memberikan dampak terhadap lingkungan, seperti penurunan kualitas air dan kualitas tanah. Menurut data BPLHD tahun 2003, DAS Citarum hulu banyak menampung beban pencemaran air akibat limbah industri, domestik, dan pertanian. Sebanyak 608 industri berlokasi di DAS Citarum Hulu dengan 468 industri di antaranya merupakan industri tekstil. Keberadaan industri tersebut mayoritas berlokasi di

Kabupaten Bandung seperti wilayah Bandung Selatan, Bandung Timur, Majalaya, dan Banjaran, yaitu 325 industri, 101 industri di Kota Cimahi, dan 90 industri di Kota Bandung. DAS Citarum tengah banyak menerima beban cemaran akibat limbah keramba jaring apung. Bagian hilir DAS Citarum banyak menerima beban pencemaran dari buangan industri namun tidak lebih berat dari beban pencemaran di bagian hulu DAS Citarum.

Salah satu faktor penentu kualitas lingkungan adalah keberadaan logam berat dalam air maupun tanah. Hasil penelitian Darmono (1995) memaparkan bahwa merkuri merupakan logam berat yang toksisitasnya paling tinggi diikuti oleh kadmium (Cd), perak (Ag), nikel (Ni), timbal (Pb), arsen (As), krom (Cr), timah (Sn), dan seng (Zn). Logam berat dalam lingkungan dapat bersumber dari alam seperti aktivitas vulkanik maupun proses kimiawi sedimen. Namun, logam berat dapat pula berasal dari buangan limbah industri, pertambangan, pertanian, maupun rumah tangga. Unsur-unsur tersebut merupakan zat kontaminan yang sangat diperhatikan karena berhubungan erat dengan kesehatan manusia. Tanaman padi merupakan tanaman yang responsif terhadap penyerapan zat dari media tanam ke bagian tumbuhan sehingga dapat mengonsentrasikan logam di dalam biomasnya dalam kadar yang tinggi. Menurut penelitian Fanfu pada 2015, kadmium (Cd) merupakan logam berat yang paling riskan terdapat dalam beras, diikuti merkuri (Hg), mangan (Mn), arsen (As), nikel (Ni), krom (Cr), dan timbal (Pb). Hal ini dapat menimbulkan kekhawatiran apabila media tanam padi merupakan tanah yang diairi dari DAS Citarum yang telah tercemar oleh logam berat karena dapat menimbulkan risiko bahaya bagi lingkungan dan berdampak negatif bagi kesehatan apabila

terakumulasi dalam tubuh. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian mengenai kandungan logam berat dalam beras pada lahan sawah yang diairi oleh aliran irigasi DAS Citarum hulu.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, masalah yang dapat diidentifikasi untuk penelitian yaitu: Apakah terdapat logam berat pada gabah yang ditanam pada lahan sawah di daerah irigasi Citarum Hulu?

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Peneliti akan melakukan penelitian mengenai kandungan logam berat dalam gabah yang ditanam di daerah irigasi DAS Citarum Hulu.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi logam berat dalam gabah yang ditanam di daerah irigasi DAS Citarum Hulu.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat bermanfaat bagi masyarakat luas sebagai sumber informasi mengenai potensi cemaran logam berat dalam makanan yang dikonsumsi sehari-hari seperti beras. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi bahan masukan dan rekomendasi bagi pemerintah daerah setempat dan pemangku kepentingan lainnya dalam menyusun pengelolaan sumber daya air dan pertanian yang berimplikasi pada ketahanan pangan. Bagi *civitas akademika*, penelitian ini dapat menjadi dasar untuk melakukan penelitian lanjutan.

1.5. Kerangka Pemikiran

Kehadiran logam berat dalam lingkungan darat dan perairan tercemar perlu diwaspadai karena sifat logam berat yang sulit terurai dan dapat berakumulasi

dalam makhluk hidup. Secara alami logam berat terdapat dalam perairan dalam konsentrasi rendah. Aktivitas manusia menyebabkan peningkatan konsentrasi logam berat yang dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan (Wardhani, Roosmini, Notodarmojo, & No, 2016).

Kontaminasi logam berat dalam pangan merupakan aspek penting dalam jaminan kualitas pangan. Logam berat dapat memengaruhi kesehatan manusia melalui konsumsi air minum yang terkontaminasi, konsumsi tanaman pangan, sereal, dan sayur-sayuran hijau yang tumbuh di sedimen dan tanah yang terkontaminasi logam. Logam berat dapat memberi efek toksik meskipun terdapat dalam konsentrasi rendah. Logam berat dalam pertanian dapat berasal dari air irigasi yang tercemar limbah perkotaan, limbah industri, penggunaan pupuk anorganik, pestisida yang mengandung logam, dan kegiatan pertanian lainnya (Chabukdhara, Munjal, Nema, Gupta, & Kaushal, 2016).

Limbah dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum hulu berasal dari Kabupaten Sumedang, Kabupaten Bandung, Kota Bandung, dan Kota Cimahi dengan didominasi oleh industri tekstil dan industri pelapisan logam (Badan Pengendalian Lingkungan Hidup, 2013).

Sumber air utama Waduk Saguling adalah Sungai Citarum Hulu. Kualitas air sungai tersebut mengalami penurunan, salah satunya ditandai dengan adanya cemaran logam berat. Konsentrasi kadmium di Waduk Saguling telah masuk dalam kategori tercemar selama 2008-2014 (Wardhani dkk., 2016).

Tanaman hasil panen dan sayuran pangan yang tumbuh di tanah yang terkontaminasi logam berat memiliki akumulasi logam berat yang lebih besar

dibandingkan tanaman yang tumbuh di tanah yang tidak terkontaminasi (Kulkarni, 2017).

Merkuri merupakan logam berat yang toksisitasnya paling tinggi diikuti oleh kadmium (Cd), perak (Ag), nikel (Ni), tembaga (Pb), arsen (As), krom (Cr), timah (Sn), dan seng (Zn) (Darmono, 1995).

Kadmium dan merkuri memiliki nilai tertinggi dalam risiko penyerapan logam berat dari tanah ke dalam beras dibandingkan unsur lainnya secara berurutan $Cd > Hg > Mn > As > Ni > Cr > Pb$ (Zeng dkk., 2015).

Logam berat yang terlarut di dalam air sangat berbahaya bagi kehidupan organisme di dalamnya dan tidak hanya pada badan airnya saja, logam berat terakumulasi pada sedimen yang sifatnya bioakumulatif, yaitu logam berat berkumpul dan meningkat kadarnya, walaupun logam berat pada perairan rendah akibat terjadinya pertukaran air secara terus menerus terbawa aliran sungai . (Sarjono, 2009).

Logam berat dalam tanah dalam keadaan bebas dapat bersifat racun dan terserap oleh tumbuhan. Dengan kondisi tersebut logam berat selain akan mempengaruhi ketersediaan hara tanaman juga dapat mengkontaminasi hasil tanaman. Jika logam berat memasuki lingkungan tanah, maka akan terjadi keseimbangan dalam tanah kemudian akan terserap oleh tanaman melalui akar, dan selanjutnya akan terdistribusi ke bagian tanaman lainnya. Tanaman hiperakumulator adalah tanaman yang mempunyai kemampuan untuk mengkonsentrasikan logam didalam biomasnya dalam kadar yang luar biasa tinggi (Suhaeni, 2016).

Logam berat berada dalam beras melalui translokasi ke bagian tanaman sehingga dapat masuk ke dalam rantai pangan melalui konsumsi beras. Logam berat dari tanah diabsorb oleh akar, kemudian ditransportasikan ke stele melewati endodermis dan *Casparian strips*, kemudian logam ditranslokasikan ke tunas melalui xilem. Getah xilem membawa logam menuju daun dan tunas melalui membran. Logam dapat terakumulasi dalam sel melalui konversi kimia atau kompleksasi sehingga dapat menjadi toksik bagi tanaman (Irhamni, Pandia, Purba, & Hasan, 2018).

Efisiensi pengangkutan logam berat dapat ditingkatkan dengan cara mengikat logam pada molekul khelat (Irhamni, 2017). Logam dalam tanah dapat membentuk ikatan kompleks dengan senyawa organik yang disebut sebagai khelat (Ariyanto, 2009). Kompleks logam-organik yang terbentuk kemudian masuk melalui rambut akar melalui membran sel (Stevenson dalam Ariyanto, 2009).

Khelasi logam-organik terjadi ketika dekomposisi bahan organik tanah yang meningkatkan kadar organik tanah sehingga mendorong terjadinya pertukaran ligan antar anion (asam organik) terhadap $-OH$ bebas. Selain itu, bahan organik memiliki gugus karboksil yang dapat mengikat kation sehingga memiliki nilai kapasitas pertukaran kation yang tinggi. Hal ini terjadi pada tanah yang mengandung koloid lempung (Ariyanto, 2009).

Keberadaan logam berat dalam bahan pangan sangat berkaitan dengan makromolekul biologis. Konsentrasi logam berat dalam beras banyak terdapat di embrio dibandingkan dalam endosperma. Namun, karena komposisi utama butir beras 81,9% adalah endosperma, 3,1% sekam, dan sisanya sebagian kecil embrio,

maka logam berat banyak terdapat di endosperma. Endosperma mengandung banyak amilum dan sebagian kecil lemak serta protein. Logam berat dalam beras banyak terdapat dalam protein. Berdasarkan hasil fraksinasi protein albumin, globulin, prolamin, dan glutelin menunjukkan Cd dan Pb berikatan terutama dengan globulin, dan As dan Cu membentuk ikatan dengan glutelin (He, Yang, & Cha, 2000).

Protein diterjemahkan oleh ikatan membran ribosom atau ribosom terlarut. Logam kemudian masuk ke dalam polipeptida setelah logam ditransfer dalam bentuk ion logam bebas atau melalui *metallochaperone*. Penyisipan logam terjadi saat proses translasi setelah pelepasan polipeptida sebelum polipeptida membentuk lipatan sehingga membentuk ikatan protein-logam (holo) yang merupakan destabilisasi konformasi, sedangkan dalam keadaan melipat membentuk konformasi logam bebas (apo). Logam esensial berperan sebagai kofaktor dalam protein, namun sering kali menjadi toksik dalam konsentrasi tinggi dan berada bebas dalam biologis (Gomes, 2010).

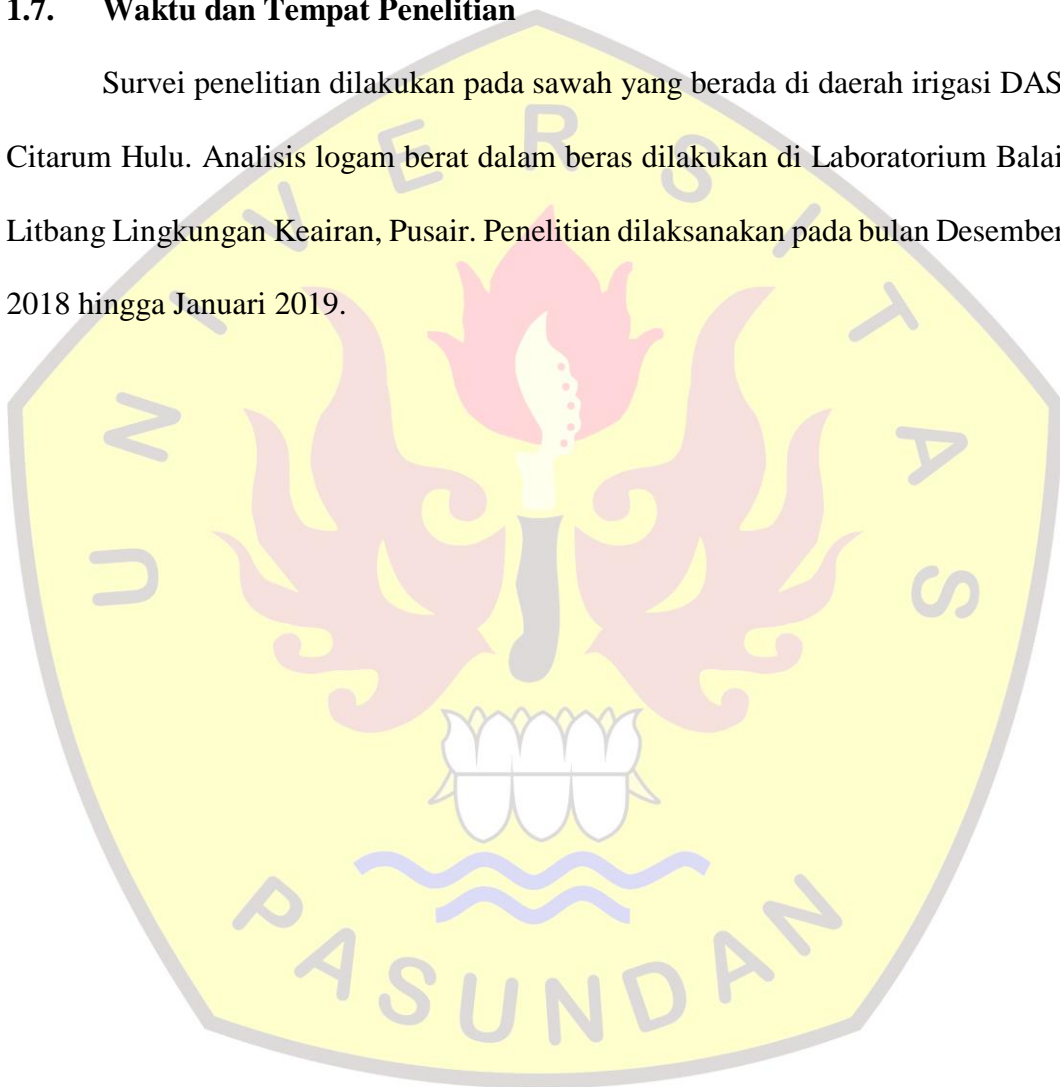
Pemeriksaan kuantitatif kandungan logam dalam sampel dapat dilakukan dengan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (AAS), Spektrofotometri Emisi Nyala, dan Spektrofotometri Visibel. Analisis logam dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom memiliki beberapa keuntungan antara lain kecepatan analisisnya, ketelitiannya, tidak memerlukan pemisahan pendahuluan dan dapat menentukan konsentrasi unsur dalam jumlah yang sangat rendah yaitu kurang dari 1 ppm (Khopkar, 1990).

1.6. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, maka dapat diperoleh hipotesis penelitian, yaitu terdapat kandungan logam berat dalam beras yang ditanam di daerah irigasi DAS Citarum Hulu.

1.7. Waktu dan Tempat Penelitian

Survei penelitian dilakukan pada sawah yang berada di daerah irigasi DAS Citarum Hulu. Analisis logam berat dalam beras dilakukan di Laboratorium Balai Litbang Lingkungan Keairan, Pusair. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2018 hingga Januari 2019.



DAFTAR PUSTAKA

- Akagami, N. S., Hiotsu, F. S., Gustiani, N. A., Omatsuzaki, M. K., & Itta, Y. N. (2016). Characteristics of Elemental Composition and Organic Component of Indonesian Rice : Examples of Several Products in Indonesia Including Organic Rice. *Tropical Agriculture and Development*, 60(2), 65–70.
- Anhwange, B. A., Agbaji, E. B., & Gimba, E. C. (2012). Impact Assessment of Human Activities and Seasonal Variation on River Benue , within Makurdi Metropolis. *International Journal of Science and Technology*, 2(5), 248–254.
- Ariyanto, D. P. (2009). Ikatan Antara Asam Organik Tanah dengan Logam i, 1–13.
- Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup. (2003). Program Kali Bersih (PROKASIH).
- Badan Pusat Statistik. (2015). Luas Lahan Sawah Indonesia 2018.
- Badan Standarisasi Nasional. (2009). SNI 7387:2009 Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). SNI 6128:2015 Beras. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Besar, B., & Pascapanen, P. (2007). Alternatif Pencegahan Cemarannya, 3.
- Cameron, K. S., Buchner, V., & Tchounwou, P. B. (2011). Exploring the molecular mechanisms of nickel-induced genotoxicity and carcinogenicity: A literature review. *Reviews on Environmental Health*, 26(2), 81–92. <https://doi.org/10.1515/REVEH.2011.012>
- Chabukdhara, M., Munjal, A., Nema, A. K., Gupta, S. K., & Kaushal, R. K. (2016). Heavy metal contamination in vegetables grown around peri-urban and urban-industrial clusters in Ghaziabad, India. *Human and Ecological Risk Assessment*, 22(3), 736–752. <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1105723>
- Children, Y. O. L. D. (2015). Committee On Toxicity Of Chemicals In Food , Consumer Products And The Environment Cot Contribution To Sacn Review Of Complementary And Young Child Feeding ; Proposed Scope Of Work For, 4.
- Chunhabundit, R. (2016). Cadmium exposure and potential health risk from foods in Contaminated area, Thailand. *Toxicological Research*, 32(1), 65–72. <https://doi.org/10.5487/TR.2016.32.1.065>
- Darmono. (1995). Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

- Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) Provinsi Jawa Barat (2018). Daerah Irigasi DAS Citarum Hulu.
- Fan, Y., Zhu, T., Li, M., He, J., & Huang, R. (2017). Heavy Metal Contamination in Soil and Brown Rice and Human Health Risk Assessment near Three Mining Areas in Central China. *Journal of Healthcare Engineering*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/4124302>
- Gomes, C. M. (2010). *Protein Folding and Metal Ions*. CRC Press, (October). <https://doi.org/10.1201/b10278>
- He, M., Yang, J., & Cha, Y. (2000). Distribution, removal and chemical forms of heavy metals in polluted rice seed. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 76(3–4), 137–145. <https://doi.org/10.1080/02772240009358924>
- Irhamni, Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. (2018). Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air dalam Menyerap Logam Berat secara Fitoremediasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 3(2), 344–351. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.400012>
- Kementerian Pertanian. (2016). *Outlook Komoditas Pertanian Padi*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian.
- Khopkar, S.M. (1990). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Komarawidjaja, W. (2017). Paparan Limbah Cair Industri Mengandung Logam Berat pada Lahan Sawah di Desa Jelegong, Kecamatan Rancaekek, Kabupaten Bandung. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(2), 173–181.
- Monachese, M., Burton, J. P., & Reid, G. (2012). Bioremediation and Tolerance of Humans to Heavy Metals through Microbial Processes : a Potential Role for Probiotics ? Bacterial Interactions With Metals : What We Can Learn From Environmental Studies, 78(18), 6397–6404. <https://doi.org/10.1128/AEM.01665-12>
- Nagajyoti, P. C., Lee, K. D., & Sreekanth, T. V. M. (2010). Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 8(3), 199–216. <https://doi.org/10.1007/s10311-010-0297-8>
- Narulita, I., Rahmat, A., & Maria, R. (2008). Aplikasi Sistem Informasi Geografi untuk Menentukan Daerah Prioritas Rehabilitasi di Cekungan Bandung. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 18(1), 23–35. Retrieved from <http://jrisetgeotam.com/index.php/jrisgeotam/article/view/9%5Cnhttp://jrisetgeotam.com/index.php/jrisgeotam/article/viewFile/9/15>
- Neuzil, P. (2006). [No Title]. *Nucleic Acids Research*, 34(11), e77–e77.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

- Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 tentang: Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Radhika, Firmansyah, R., & Hatmoko, W. (2017). Konsep Indikator Ketahanan Air Irigasi. Prosiding Seminar Nasional INACID Jambi-Indonesia, 10-11 Maret 2017, (March), 10–11.
- Rahman, M. W. P. B. (2014). Status kualitas air dan penatagunaan lahan di das citarum hulu kabupaten bandung muhammad widyar rahman.
- Rao, Srinivasa, N. K., Shivashankara, K. S., & Laxman, R. (2016). Abiotic Stress Physiology of Horticultural Crops. *Abiotic Stress Physiology of Horticultural Crops*. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2725-0>
- Sarjono, A. (2009). Analisis Kandungan Logam Berat Cd , Pb , Dan Hg Pada Air Dan Sedimen Di Perairan Kamal Muara , Jakarta Utara, 67. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34257.33126>
- Shobha, N., & Kalshetty, B. M. (2017). Assessment of heavy metals in green vegetables and cereals collected from Jamkhandi local market, Bagalkot, India. *Rasayan Journal of Chemistry*, 10(1), 124–135. <https://doi.org/10.7324/RJC.2017.1011575>
- Suhaeni & Wardi, Ridha Yulyani. (2016). Analisis Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) pada Tanaman Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir). Palopo: Universitas Cokroaminoto Palopo. *Jurnal Dinamika*, Vol. 07 no. 2 hlm. 1-8. E-ISSN: 2503-4863.
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Molecular, Clinical and Environmental Toxicology, 101, 1–30. <https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4>
- Tommi. (2011). Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu.
- Wardhani, E., Roosmini, D., Notodarmojo, S., Bandung, I. T., & No, J. G. (2016). PROVINSI JAWA BARAT (Cadmium Pollution in Saguling Dam Sediment West Java Province) Jurusan Teknik Lingkungan , Fakultas Teknologi Sipil dan Lingkungan , Diterima : 1 Maret 2016, 23(3), 285–294.
- Yadav, S. K. (2010). Heavy metals toxicity in plants: An overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants. *South African Journal of Botany*, 76(2), 167–179. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.10.007>
- Yatu, W., Syahfitri, N., & Damastuti, E. (2011). Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir Penentuan Logam Berat Cr , Co , Zn , Dan Hg Pada Beras Dan Kedelai Dari Wilayah Kota Bandung, 213–219.
- Yusuf, I. A. (2014). Kajian Kriteria Mutu Air Irigasi. *Jurnal Irigasi*, 9(82), 1–15.

Zeng, F., Wei, W., Li, M., Huang, R., Yang, F., & Duan, Y. (2015). Heavy metal contamination in rice-producing soils of Hunan province, China and potential health risks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(12), 15584–15593. <https://doi.org/10.3390/ijerph121215005>.

