

Potensi Akumulasi Logam Berat pada Tanaman Padi: Literature Review

ROHIMAH¹, MILA DIRGAWATI¹

1. Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung
Email : R2003himah@gmail.com

ABSTRAK

Padi (Oryza sativa L.) sebagai pangan pokok utama di Indonesia rentan terkontaminasi logam berat akibat pupuk, pestisida, serta aktivitas industri dan domestik. Kontaminasi ini dapat menurunkan kualitas panen dan menimbulkan risiko kesehatan jika dikonsumsi terus-menerus. Penelitian ini menggunakan metode literature review untuk membandingkan akumulasi logam berat pada padi di lima lokasi: Kangar (Malaysia), Lenjan (Iran), Kedah (Malaysia), Kabupaten Jombang, dan Kabupaten Wonosobo (Indonesia). Hasil kajian menunjukkan logam esensial (Cu, Zn, Fe, Mn) lebih banyak terakumulasi di akar, sedangkan logam non-esensial (Pb, Cd, Cr, As) ditemukan pada bulir padi di beberapa lokasi. Analisis bioakumulasi (BAF) dan translokasi (TF) mengindikasikan sebagian besar padi berperan sebagai excluder, meskipun di beberapa lokasi terdeteksi potensi akumulasi hingga bulir.

Kata kunci: padi, logam berat, akumulasi

1. PENDAHULUAN

Tanaman Padi (*Oryza sativa*) dijadikan sebagai bahan pangan utama bagi lebih dari 90% penduduk Indonesia karena dianggap mampu memenuhi kebutuhan kalori 35-60% bagi tubuh dan merupakan sumber energi utama (Mulyaningsih & Indrayani, 2014). Kualitas tanaman padi dipengaruhi oleh kondisi wilayah, lingkungan, dan aktivitas budidaya tanaman padi yang dilakukan oleh petani. Salah satu aktivitas yang menimbulkan potensi kontaminasi logam berat pada bagian akar, batang, daun, dan buah tanaman, yaitu penggunaan pupuk anorganik, penggunaan pestisida, dan pencemaran dari limbah sekitar area pertanian (Fitrianah dkk., 2017). Karena adanya tren pertumbuhan penduduk dan permintaan konsumsi beras, terdapat peningkatan penggunaan pestisida oleh petani dalam usaha melindungi tanaman mereka. Hal tersebut dapat memengaruhi adanya kadar logam berat di dalam tanah (Zakaria dkk., 2021). Logam berat terbagi menjadi logam esensial (Cu, Fe, Zn, Co, Mn) yang dibutuhkan tanaman dalam proses fisiologis, namun jika kadarnya berlebihan maka dapat bersifat toksik, serta logam non esensial (Pb, Cd, Hg, Cr, As) yang umumnya beracun (Christofer dkk., 2022). Pencemaran logam berat di lahan sawah menjadi perhatian besar sebagai polutan lingkungan karena bioakumulasinya di lingkungan dan sifatnya yang tidak dapat terurai secara hayati (Hojsak dkk., 2015).

Pencemaran logam berat pada lahan pertanian tidak hanya menurunkan kualitas tanaman padi, tetapi juga mengganggu proses fotosintesis, menekan produktivitas, serta menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia. Konsumsi padi yang terakumulasi logam berat secara berkelanjutan dapat menyebabkan akumulasi dalam jaringan tubuh dan memicu berbagai dampak negatif, seperti kanker (karsinogenik), cacat bawaan (teratogenik), kerusakan sistem saraf (neurotoksik), gangguan pada fungsi ginjal, hingga penurunan imunitas tubuh (Kiran dkk.,

2022). Terdapat penelitian terdahulu yang menunjukkan variasi kandungan logam berat pada tanaman padi yang ditanam di lokasi berbeda. Variasi ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, jenis tanah, sumber air irigasi, serta aktivitas antropogenik di sekitar area pertanian (Khasanah dkk., 2021). Oleh karena itu, kajian komparatif melalui *literature review* mengenai potensi akumulasi logam berat pada tanaman padi di beberapa lokasi sangat penting dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau potensi akumulasi logam berat pada tanaman padi dengan membandingkan kandungan logam berat di lima lokasi berbeda berdasarkan hasil penelitian terdahulu. Dengan demikian, diharapkan kajian ini dapat memberikan gambaran mengenai tingkat risiko pencemaran logam berat pada padi serta menjadi rujukan dalam upaya pengelolaan lahan pertanian yang berkelanjutan dan aman bagi kesehatan masyarakat (Handayani dkk., 2022).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini, dilakukan perbandingan tingkat akumulasi logam berat pada tanaman padi di lima lokasi. Terdapat tiga lokasi yang berada di luar Indonesia, dan dua lokasi terletak di Indonesia. Pemilihan lokasi didasarkan pada ketersediaan data sekunder dari penelitian terdahulu yang melaporkan tingkat akumulasi logam berat pada padi. Setiap lokasi memiliki karakteristik lingkungan, sumber pencemar, serta kondisi sosial-ekonomi yang beragam, sehingga memungkinkan adanya variasi kandungan logam berat yang terakumulasi pada tanaman. Lokasi pertama berada di kota kecil Kangar, Malaysia. Sampel tanaman padi diambil pada lahan pertanian di daerah pedesaan (Aziz dkk., 2023). Lokasi kedua berada di Lenjan, Iran. Terdapat banyak area industri aktif yang berlokasi di titik pengambilan sampel pada lokasi ini (Rahimi dkk., 2017). Lokasi ketiga berada di Kedah, Malaysia yang merupakan salah satu daerah penghasil beras utama di Malaysia (Zulkafflee dkk., 2021). Lokasi keempat terletak di Kabupaten Jombang, Indonesia dengan lokasinya yang berdekatan dengan DAS Brantas (Sukarjo dkk., 2019). Dan lokasi kelima terletak di Kabupaten Wonosobo, Indonesia (Handayani dkk., 2015).

2.2 Akumulasi Logam Berat pada Tanaman

2.2.1 Faktor Bioakumulasi

Faktor bioakumulasi (BAF) merupakan indeks untuk mengevaluasi potensi transfer logam dari tanah ke tanaman (Zakaria dkk., 2021). BCF diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$BCF = Cr/Cs$$

Dimana Cr dan Cs menunjukkan nilai konsentrasi logam berat di bagian bulir dan tanah. Nilai $BCF \leq 1$ menunjukkan bahwa tanaman mampu menyerap logam berat, namun tidak terakumulasi. Sedangkan, $BCF > 1$ berarti logam berat terakumulasi dalam tanaman (Samosir dkk., 2023).

2.2.2 Faktor Translokasi

Faktor Translokasi (TF) merupakan nilai yang digunakan untuk menghitung proses translokasi logam berat dari akar ke batang dan bulir tanaman padi (Samosir dkk., 2023). TF diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$TF = Cs/Cr$$

Dimana Cs merupakan konsentrasi logam di batang/bulir tanaman dan Cr merupakan konsentrasi logam berat di akar. Nilai $TF > 1$ menunjukkan bahwa tanaman padi mampu bertranslokasi dari akar ke jaringan lainnya. Sedangkan, $TF < 1$ menunjukkan bahwa logam berat cenderung tertahan di bagian akar (Wicaksono dkk., 2016).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Konsentrasi Logam Berat pada Tanaman Padi

Rekapitulasi konsentrasi logam berat pada tanaman padi pada lima lokasi penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Konsentrasi Logam Berat di Berbagai Lokasi Penelitian

Wilayah Studi	Sampel	Konsentrasi Logam Berat (mg/kg)									
		Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	As	Cr	Mn	Co	Fe
Kangar, Malaysia	Tanah	100,55	76,59	21,46	-	-	-	-	-	-	-
	Akar	155,64	87,28	0,16	-	-	-	-	-	-	-
	Batang	183,42	24,95	0	-	-	-	-	-	-	-
	Bulir	150,69	51,23	0	-	-	-	-	-	-	-
Lenjan, Iran	Tanah	-	66,65	53,54	52,46	1,7	-	-	-	-	-
	Akar	-	25,71	27,9	10,75	1,57	-	-	-	-	-
	Batang	-	13,75	17,22	1,73	1,07	-	-	-	-	-
	Bulir	-	19,39	12,32	1,1	1,27	-	-	-	-	-
Kedah, Malaysia	Tanah	345,06	-	1107,6	-	152,03	600,78	1084,3	-	-	-
	Akar	71,5	-	297	-	3	40,3	76,3	-	-	-
	Batang	44,6	-	5,7	-	0,2	16,6	9	-	-	-
	Daun	56,2	-	10,6	-	1	25,8	8,2	-	-	-
	Bulir	175,98	-	69,5	-	0,6	94,1	96,2	-	-	-
Kabupaten Jombang, Indonesia	Tanah	23,55	39,14	25,8	-	2,49	-	8,66	194,23	15,27	268,68
	Beras	1,34	17,6	9,6	-	ttd	-	1,92	13,46	0,05	29,65
Kabupaten Wonosobo, Indonesia	Tanah	2,67	6,83	-	-	-	-	-	39,43	-	120,94
	Akar	20,9	21,15	-	-	-	-	-	278,05	-	1334,73
	Batang	4,52	19,8	-	-	-	-	-	182,07	-	424,78
	Bulir	2,79	15,81	-	-	-	-	-	50,48	-	131,96

Keterangan : ttd = Tidak Terdeteksi

Di Kangar, Malaysia, urutan konsentrasi logam berat tertinggi hingga terendah, yaitu $Cu > Zn > Pb$. Pola akumulasinya cenderung mengalami penurunan dari akar menuju batang hingga ke bulir. Logam ditemukan lebih banyak terakumulasi di akar, daripada di bagian lainnya. Hal tersebut dikarenakan akar memiliki kemampuan sebagai penghalang translokasi logam dan melindungi bagian batang dan bulir dari kontaminasi logam yang beracun (Liu dkk., 2019). Di Lenjan, Iran, urutan konsentrasi logam berat tertinggi hingga terendah, yaitu $Zn > Pb > Ni > Cd$. Pola akumulasinya sama dengan penelitian Aziz, dkk (2023), yaitu cenderung menurun dari akar menuju bulir. Namun, konsentrasi Pb pada bagian bulir melebihi batasan standar yang

ditentukan, yaitu 0,2 mg/kg (Hang dkk., 2009), sehingga berisiko menimbulkan efek karsinogenik jika dikonsumsi secara terus menerus. Pada Kedah, Malaysia, konsentrasi tertinggi terdapat pada logam Pb di bagian akar, sedangkan logam Cu banyak terakumulasi di bulir padi. Dari nilai konsentrasi logam berat di bagian bulir, nilainya masih berada di bawah batas maksimum yang diperbolehkan menurut *CODEX Standard*. Di Kabupaten Jombang, Indonesia, konsentrasi Pb pada sampel beras memiliki nilai yang melebihi batas yang diperbolehkan, sedangkan untuk logam lainnya masih berada di bawah batas yang diizinkan. Sedangkan, di Kabupaten Wonosobo, konsentrasi mikronutrien (Fe, Mn, Cu, Zn) pada tanaman umumnya paling tinggi terdapat di akar dibandingkan batang dan bulir. Hal ini karena akar berperan sebagai penyaring utama yang membatasi masuknya logam berat ke jaringan lain. Akar melepaskan oksigen yang membentuk lapisan besi (*iron plaques*) pada permukaannya, sehingga logam lebih banyak terikat di akar dan tidak mudah berpindah ke batang maupun bulir (Handayani dkk., 2015).

3.2 Faktor Bioakumulasi

Rekapitulasi nilai BAF pada lima lokasi penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai BAF di Berbagai Lokasi Penelitian

Wilayah Studi	Faktor Bioakumulasi									
	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	As	Cr	Mn	Co	Fe
Kangar, Malaysia	1,50	0,67	0,00	-	-	-	-	-	-	-
Lenjan, Iran		0,29	0,23	0,02	0,75	-	-	-	-	-
Kedah, Malaysia	0,51		0,06		0,00	0,16	0,09	-	-	-
Kabupaten Jombang, Indonesia	0,06	0,45	0,37	-	-	-	0,22	0,07	0,00	0,11
Kabupaten Wonosobo, Indonesia	1,04	2,31	-	-	-	-	-	1,28	-	1,09

Berdasarkan hasil perhitungan, di Kangar, Malaysia, dan Kabupaten Wonosobo, Indonesia, masih terdapat nilai BAF >1, sehingga dinyatakan dapat mengakumulasi logam berat dari tanah menuju bulir. Tanaman padi di daerah Kangar, Malaysia, mampu mengakumulasi logam Cu, sedangkan di tanaman padi di Kabupaten Wonosobo, Indonesia, mampu mengakumulasi logam Cu, Zn, Mn, dan Fe. Di lokasi lainnya, nilai BAF < 1, sehingga kurang mampu mengakumulasi logam berat ke bagian bulir padi. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tanaman padi sebagai *Excluder*, yaitu dapat mencegah logam memasuki tanaman bagian atas (jaringan internalnya) secara efektif, namun konsentrasinya masih tinggi pada bagian akar (Santana dkk., 2018).

3.3 Faktor Translokasi

Rekapitulasi nilai TF pada empat lokasi penelitian disajikan pada Tabel 3. Pada Kabupaten Jombang tidak dilakukan analisis nilai TF karena tidak tersedia data konsentrasi logam berat pada jaringan tanaman padi.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai TF di Berbagai Lokasi Penelitian

Wilayah Studi	Bagian Padi	Faktor Translokasi									
		Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	As	Cr	Mn	Co	Fe

Kangar, Malaysia	Akar ke Batang	1,18	0,29	0,00	-	-	-	-	-	-	-
	Batang ke Bulir	0,82	2,05	0,00	-	-	-	-	-	-	-
Lenjan, Iran	Akar ke Batang	-	0,53	0,62	0,16	0,68	-	-	-	-	-
	Batang ke Bulir	-	1,41	0,72	0,64	1,19	-	-	-	-	-
Kedah, Malaysia	Akar ke Batang	0,62	-	0,02	-	0,07	0,41	0,12	-	-	-
	Batang ke Bulir	3,95	-	12,19	-	3,00	5,67	10,69	-	-	-
Kabupaten Wonosobo, Indonesia	Akar ke Batang	0,22	0,94	-	-	-	-	-	0,65	-	0,32
	Batang ke Bulir	0,62	0,80	-	-	-	-	-	0,28	-	0,31

Berdasarkan hasil perhitungan, masih terdapat nilai TF yang melebihi 1, yaitu pada bagian batang menuju bulir di Kangar, Malaysia, Lenjan, Iran, dan Kedah, Malaysia. Nilai $TF > 1$ dikategorikan sebagai fitoekstraksi, yaitu tanaman mampu mentranslokasikan logam berat dari akar ke bagian batangnya. Selain itu, tanaman padi pada titik tersebut berguna dalam membersihkan lingkungan karena dapat menyerap logam berat dari tanah dan dipindahkan ke bagian atas tanaman, sehingga tanaman bisa dipanen dan dibuang untuk menghilangkan kontaminan dari lokasi tercemar (Siaka dkk., 2025).

4. KESIMPULAN

Kajian literatur pada lima lokasi penelitian menunjukkan bahwa akumulasi logam berat pada tanaman padi sangat bervariasi, dipengaruhi oleh kondisi tanah, sumber air irigasi, dan aktivitas antropogenik di sekitar lahan pertanian. Logam esensial seperti Cu, Zn, Fe, dan Mn cenderung lebih banyak terakumulasi pada akar, sedangkan logam non-esensial seperti Pb, Cd, Cr, dan As ditemukan pada bulir padi di beberapa lokasi. Analisis faktor bioakumulasi (BAF) dan faktor translokasi (TF) memperlihatkan bahwa sebagian besar tanaman padi berperan sebagai *excluder*, namun terdapat lokasi yang menunjukkan potensi akumulasi dan translokasi logam hingga ke bulir. Beberapa temuan juga mengindikasikan adanya kandungan Pb dan Cd pada bulir padi yang melebihi ambang batas standar, sehingga berpotensi menimbulkan risiko kesehatan bagi konsumen. Oleh karena itu, monitoring rutin, pengendalian sumber pencemar, serta penerapan praktik pertanian berkelanjutan menjadi langkah penting dalam menjaga keamanan pangan dan kualitas beras yang dihasilkan.

DAFTAR RUJUKAN

- Aziz, R. A., Yiwen, M., Saleh, M., Salleh, M. N., Gopinath, S. C. B., Giap, S. G. E., Chinni, S. V., & Gobinath, R. (2023). Bioaccumulation And Translocation Of Heavy Metals In Paddy (*Oryza Sativa* L.) And Soil In Different Land Use Practices. *Sustainability (Switzerland)*, 15(18). <https://doi.org/10.3390/Su151813426>
- Christofer, F., Sari, S. P., Sapulette, K., Anggayni, M., Hutagalung, E., & Irawati, W. (2022). Mikorizoremediasi: Asosiasi Fungi Mikoriza Arbuskula Dalam Meningkatkan Kemampuan Penyerapan Logam Pada Tanaman Hiperakumulator Di Lahan Pertambangan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 23(1), 118–125. <https://doi.org/10.29122/Jtl.V23i1.4584>
- Fitrianah, L., Yani, M., & Effendi, S. (2017). Dampak Pencemaran Aktivitas Kendaraan Bermotor Terhadap Kandungan Timbal (Pb) Dalam Tanah Dan Tanaman Padi. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal Of Natural Resources And Environmental Management)*, 7(1), 11–18. <https://doi.org/10.29244/Jpsl.7.1.11-18>
- Handayani, C. O., Dewi, T., & Sukarjo. (2015). Translokasi Unsur Mikronutrien Pada Tanaman

- Padi Di Kabupaten Wonosobo. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Saintek Ii*, 3–7.
- Handayani, C. O., Sukarjo, & Dewi, T. (2022). Distribusi Logam Berat Pb , Cd , Cr , Ni Dan Risiko Kesehatan Akibat Paparan Logam Berat Melalui Saluran Pencernaan Di Lahan Sawah Sekitar Kawasan Industri Kabupaten Bandung. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 46(1), 47–59.
- Hang, X., Wang, H., Zhou, J., Ma, C., Du, C., & Chen, X. (2009). Risk Assessment Of Potentially Toxic Element Pollution In Soils And Rice (*Oryza Sativa*) In A Typical Area Of The Yangtze River Delta. *Environmental Pollution*, 157(8–9), 2542–2549. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.03.002>
- Hojdak, I., Braegger, C., Bronsky, J., Campoy, C., Colomb, V., Decsi, T., Domellöf, M., Fewtrell, M., Mis, N. F., Mihatsch, W., Molgaard, C., & Van Goudoever, J. (2015). Arsenic In Rice. *Journal Of Pediatric Gastroenterology And Nutrition*, 60(1), 142–145. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000000502>
- Khasanah, U., Mindari, W., & Suryaminarsih, P. (2021). Kajian Pencemaran Logam Berat Pada Lahan Sawah Di Kawasan Industri Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2). https://doi.org/10.33005/Jurnal_Tekkim.V15i2.2545
- Kiran, Bharti, R., & Sharma, R. (2022). Effect Of Heavy Metals: An Overview. *Materials Today: Proceedings*, 51, 880–885. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.278>
- Liu, W. X., Liu, J. W., Wu, M. Z., Li, Y., Zhao, Y., & Li, S. R. (2009). Accumulation And Translocation Of Toxic Heavy Metals In Winter Wheat (*Triticum Aestivum* L.) Growing In Agricultural Soil Of Zhengzhou, China. *Bulletin Of Environmental Contamination And Toxicology*, 82(3), 343–347. <https://doi.org/10.1007/S00128-008-9575-6>
- Mulyaningsih, E. S., & Indrayani, S. (2014). Phenotipe And Genetic Variation For Banten Upland Rice Local Cultivars. *Jurnal Biologi Indonesia*, 10(1), 119–128.
- Rahimi, G., Kolahchi, Z., & Charkhabi, A. (2017). Uptake And Translocation Of Some Heavy Metals By Rice Crop (*Oryza Sativa*) In Paddy Soils. *Agriculture (Pol'nohospodarstvo)*, 63(4), 163–175. <https://doi.org/10.1515/Agri-2017-0016>
- Samosir, A. M., Syarifah, M., & Sulistiono, S. (2023). Akumulasi Logam Berat Tembaga Dan Timbal Pada Mangrove *Rhizophora Mucronata* Di Karangsong, Indramayu. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 14(1), 101–112. <https://doi.org/10.24319/Jtpk.14.101-112>
- Santana, N. B., Dias, J. C. T., Rezende, R. P., Franco, M., Oliveira, L. K. S., & Souza, L. O. (2018). Production Of Xylitol And Bio-Detoxification Of Cocoa Pod Husk Hemicellulose Hydrolysate By *Candida Boidinii* X-m02g. *Plos One*, 13(4), E0195206. <https://doi.org/10.1371/Journal.Pone.0195206>
- Siaka, I. M., Arandi, R. A., & Rita, W. S. (2025). No Title. *Jurnal Kimia*, 96. <https://doi.org/10.24843/Jchem.2025.V19.I01.P12>
- Sukarjo, Purbalisa, W., Handayani, C. O., & Harsanti, E. S. (2019). Penilaian Resiko Kontaminasi Logam Berat Di Das Brantas, Kabupaten Jombang. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 6(1), 1033–1042. <https://doi.org/10.21776/Ujtsl.2019.00>
- Wicaksono, E. A., Sriati, & Lili, W. (2016). Sebaran Logam Berat Timbal (Pb) Pada Makrozoobenthos Di Perairan Waduk. *Jurnal Perikanan Kelautan*, 11(1), 103–114.
- Zakaria, Z., Zulkafflee, N. S., Mohd Redzuan, N. A., Selamat, J., Ismail, M. R., Praveena, S. M., Tóth, G., & Abdull Razis, A. F. (2021). Understanding Potential Heavy Metal Contamination, Absorption, Translocation And Accumulation In Rice And Human Health Risks. *Plants*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/Plants10061070>
- Zulkafflee, N. S., Redzuan, N. A. M., Selamat, J., Ismail, M. R., Praveena, S. M., & Razis, A. F. A. (2021). Evaluation Of Heavy Metal Contamination In Paddy Plants At The Northern Region Of Malaysia Using Icpms And Its Risk Assessment. *Plants*, 10(1), 1–16. <https://doi.org/10.3390/Plants10010003>