

SPEIASI DAN BIOAVAILABILITAS Pb DAN Cu DALAM TANAH PERTANIAN ORGANIK SERTA KANDUNGAN LOGAM TOTALNYA DALAM SAYUR PAKCOY (*BRASSICA RAPA L.*)

A. A. D. P. Sari, I. A. G. Widihati* dan I G. A. G. Bawa

*Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Udayana, Jimbaran, Bali, Indonesia
Email: gedewidihati@unud.ac.id

ABSTRAK

Denpasar sebagai salah satu pusat kota penghasil sayur organik di Bali dan juga sebagai daerah destinasi pariwisata, memiliki tingkat pencemaran yang relatif tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui spesiasi dan bioavailabilitas logam Pb dan Cu pada tanah dan *edible part* sayur pakcoy yang ditanam di Kota Denpasar. Metode untuk menentukan bioavailabilitasnya menggunakan ekstraksi bertahap dan pengukuran konsentrasi logam Pb dan Cu menggunakan Instrumen AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Spesiasi logam Pb dominan bersifat berpotensi *bioavailable* dengan persentase sebelum penanaman dan saat panen sebesar 90,46% dan 79,30%. Sementara itu, spesiasi logam Cu pada tanah dominan bersifat non *bioavailable* dengan persentase sebelum penanaman dan saat panen sebesar 55,98% dan 48,85%. Kandungan Pb dan Cu total dalam tanah sebelum penanaman diperoleh sebesar 45,1504 mg/kg dan 84,9271 mg/kg namun, saat panen logam Pb mengalami kenaikan sebesar 99,84% dan logam Cu mengalami penurunan sebesar 12,50% dari kondisi awal. Pada bagian *edible part* sayur pakcoy kandungan Pb dan Cu sebesar 7,7164 mg/kg dan 20,6295 mg/kg. Berdasarkan Badan Pengawas Obat dan Makanan, sayur pakcoy pada semua lahan dalam penelitian ini tergolong tercemar logam Pb dan Cu karena melebihi ambang batas yang telah ditentukan.

Kata Kunci: bioavailabilitas, logam total, pakcoy, Pb dan Cu, pertanian organik.

ABSTRACT

Denpasar as one of the city centers in Bali, which produces organic vegetables and is also a tourism destination, has a relatively high level of pollution. The goal of this research was to determine the speciation and bioavailability of Pb and Cu metals in soil and edible parts of Bok choy vegetables grown in Denpasar City. The method used to determine the bioavailability was sequential extraction and the Pb and Cu metal concentrations using the AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) instrument. The speciation of Pb was dominantly potentially bioavailable with the percentage before planting and at harvest of 90.46% and 79.30%, respectively. Meanwhile, the speciation of Cu on the soil was dominantly non-bioavailable with the percentage before planting and at harvest of 55.98% and 48.85%, respectively. The total Pb and Cu contents in the soil before planting were 45,1504 mg/kg and 84.9271 mg/kg, but when harvested, the Pb content increased by 99.84% and the Cu content decreased by 12.50% from the initial conditions. In the edible part of the Bok choy vegetable, the Pb and Cu contents were 7.7164 mg/kg and 20.6295 mg/kg. Based on the Food and Drug Supervisory Agency, Bok choy vegetables in all lands in this study were classified as contaminated with Pb and Cu metals because they exceeded the specified threshold.

Keywords: bioavailability, Bok choy, organic agriculture, total metal, Pb and Cu

PENDAHULUAN

Slogan ‘*Go Green*’ dan ‘‘*Back to Nature*’’ kini menjadi tren baru bagi masyarakat yang sebelumnya menggunakan bahan kimia non alami. Metode pertanian organik menjadi salah satu solusi untuk mendapatkan pangan yang bergizi tinggi dan sehat (Tisnawati, 2015). Salah satu kegiatan bercocok tanam yang ramah

lingkungan yaitu pertanian organik yang memiliki tujuan untuk meminimalkan dampak negatif yang ditimbulkan bagi lingkungan. Sayur pakcoy merupakan salah satu sayur yang diminati oleh banyak masyarakat. Akibat permintaan pasar yang semakin tinggi, maka pakcoy mulai dibudidayakan di Kota Denpasar dengan menerapkan sistem pertanian organik.

Lahan yang bisa dipergunakan menjadi pertanian organik adalah hamparan lahan yang tergolong subur dan sedapat mungkin memiliki sumber air yang tidak mendapat cemaran dari lahan pertanian non organik di sekitarnya. Tingkat bioavailabilitas dalam tanah sangat memengaruhi logam berat di dalam tanah dan mobilitas logam berat ke tanaman. Tingginya bioavailabilitas suatu logam berat di dalam tanah menyebabkan makhluk hidup di sekitar tanah tersebut khususnya tumbuhan akan tercemar oleh logam berat (Widaningrum *et al.*, 2007).

Penerapan sistem pertanian organik belum menjamin bahwa produknya terbebas dari logam-logam berat karena disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya penggunaan pupuk kandang dan pupuk kompos. Pupuk kompos dan kandang mengandung Pb dan Cu berturut – turut sebesar 1,3 – 2240 mg/kg, 13 – 3580 mg/kg dan 1,1 – 27 mg/kg, 2 – 172 mg/kg (Alloway, 1990). Berdasarkan hasil penelitian Siaka *et al.* (2019) menyatakan bahwa tanah pertanian organik di Bedugul sebelum penanaman dan saat panen mengandung logam Pb total 746,1042 – 897,3754 mg/kg dan 277,7876 – 328,8217 mg/kg serta Cu total 93,1281 – 114,3259 mg/kg dan 48,6088 – 92,3708 mg/kg.

Lokasi pertanian organik juga menjadi salah satu faktor keberadaan logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu). Sayuran yang dibudidayakan dekat dengan jalan raya berisiko terpapar logam berat yang cukup tinggi pada semua bagian tanaman (Widaningrum *et al.*, 2007). Sumber utama logam berat Cu dapat dibagi menjadi dua, yaitu secara alamiah yang dapat berasal dari erosi (pengikisan tanah atau batuan oleh air laut dan berbagai batuan mineral yang umumnya terjadi di sungai dan sumber lainnya), dan non alamiah dapat berasal dari aktivitas manusia (Harlyan dan Sari, 2015).

MATERI DAN METODE

Bahan

Sampel tanah pertanian organik yang ditanami sayur pakcoy, sampel sayur pakcoy, HNO₃, CH₃COOH, NH₂OH.HCl, H₂O₂, CH₃COONH₄, CuSO₄.5H₂O, Pb(NO₃)₂, HCl serta aquades.

Peralatan

Peralatan gelas (labu ukur, gelas beaker, pipet tetes, gelas ukur, botol plastik, pipet volume), *zip lock plastic*, sendok plastik, neraca analitik, blender, ayakan 63 µm, oven, penggojog listrik (*shaker*), mortar, pH meter, sentrifugasi,

botol polietilen, corong, botol semprot, *thermometer*, kertas saring, *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) dengan lampu katoda Pb dan Cu serta *ultrasonic bath*.

Cara Kerja

Preparasi

Preparasi Sampel Tanah

Sampel tanah dibersihkan dari batu-batu yang keras kemudian dipanaskan dengan oven pada suhu 60°C sampai massa sampel konstan. Sampel tanah dihaluskan, kemudian diayak dengan ayakan 63µm. Selanjutnya, sampel tanah yang sudah diayak disimpan di kantong *zip lock plastic*.

Preparasi Sampel Sayur Pakcoy

Sampel sayur pakcoy dipisahkan dari batang dan daunnya (*edible part*) kemudian dicuci dengan aquades dan dipotong kecil – kecil. Selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C sampai massa sampel konstan. Sampel diblender, lalu diayak dengan ayakan 63µm. Sampel yang telah diayak disimpan di kantong *zip lock plastic*.

Penentuan Konsentrasi Logam Pb & Cu Total dalam Sayur Pakcoy

Sebanyak 0,5 gram sampel serbuk sayur pakcoy ditimbang dan dimasukkan ke tabung digesti, lalu dilakukan penambahan 5 mL larutan HNO₃ pekat. Blanko dibuat dengan cara yang sama namun sampel tidak ditambahkan. Blanko & sampel dipanaskan menggunakan *hotplate* selama dua jam dengan suhu 80 sampai 90°C lalu suhunya dinaikkan menjadi 150°C hingga mendidih. Selanjutnya ditambahkan H₂O₂ 30% & HNO₃ pekat masing – masing 3 – 5 mL lalu didigesti dilanjutkan hingga didapatkan larutan bening. Apabila sudah didinginkan, larutan disaring dan filtratnya diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 25 mL. Larutan ini diukur dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

Ekstraksi Bertahap

Ekstraksi Tahap I

Sampel tanah ditimbang 1 gram dan dimasukkan ke tabung reaksi, kemudian ditambahkan 40 mL CH₃COOH 0,1 mol/L. Larutan selama dua jam dilakukan penggojog menggunakan *shaker* kemudian disentrifugasi dengan kec. 4000 rpm selama sepuluh menit. Supernatan yang didapat didekantasi lalu diencerkan dengan HNO₃ 0,01 mol/L sampai

tanda batas dalam labu ukur 50mL. Selanjutnya dilakukan pengukuran filtrat menggunakan AAS untuk memperoleh absorbansi Pb dan Cu. Residu yang diperoleh digunakan untuk ekstraksi selanjutnya.

Ekstraksi Tahap II

Residu yang diperoleh pada ekstraksi tahap I ditambahkan 40 mL $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 0,1 mol/L, lalu ditambahkan HNO_3 hingga pH mencapai 2. Larutan selama dua jam dilakukan penggojogan dengan menggunakan *shaker* dan disentrifugasi dengan kec. 4000 rpm selama sepuluh menit. Supernatan yang didapat didekantasi lalu diencerkan dengan HNO_3 0,01 mol/L dalam labu ukur 50 mL. Selanjutnya dilakukan pengukuran filtrat menggunakan AAS untuk memperoleh absorbansi Pb dan Cu. Residu yang diperoleh digunakan untuk ekstraksi selanjutnya.

Ekstraksi Tahap III

Residu yang didapat dari ekstraksi tahap II ditambahkan 10 mL larutan H_2O_2 8,8 mol/L, lalu campuran larutan sesekali dikocok dan ditutup dengan kaca arloji. Larutan didiamkan selama satu jam pada suhu ruangan. Selanjutnya larutan dipanaskan pada suhu 85°C selama satu jam dalam penangas air, lalu ditambahkan lagi dengan 10 mL H_2O_2 8,8 mol/L dan dipanaskan kembali. Setelah dilakukan pendinginan pada suhu ruangan, larutan ditambahkan 20 mL $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1 mol/L dan ditambahkan HNO_3 hingga pH larutan 2. Larutan selama dua jam dilakukan penggojogan dan disentrifugasi dengan kec. 4000 rpm selama sepuluh menit. Supernatan yang dihasilkan didekantasi lalu diencerkan dengan HNO_3 0,01 mol/L dalam labu ukur 50 mL. Selanjutnya dilakukan pengukuran filtrat dengan menggunakan AAS untuk memperoleh absorbansi Pb dan Cu. Residu yang diperoleh digunakan untuk ekstraksi selanjutnya.

Ekstraksi Tahap IV

Residu dari ekstraksi tahap III ditambahkan 10 mL *reverse aqua regia* yaitu campuran antara HCl pekat dengan HNO_3 pekat (1:3). Campuran didigesti pada suhu 60°C dengan menggunakan *ultrasonic bath*. selama 45 menit dan dipanaskan pada suhu 140°C pada *hotplate* selama 45 menit. Larutan digojog

selama dua jam dengan menggunakan *shaker* dan disentrifugasi dengan kec. 4000 rpm selama sepuluh menit. Supernatan yang diperoleh didekantasi lalu diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 50 mL. Selanjutnya dilakukan pengukuran filtrat diukur *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) untuk memperoleh absorbansi Pb dan Cu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesiasi dan Bioavailabilitas Logam Pb dan Cu dalam Tanah.

Penentuan spesiasi logam pada tanah pertanian bertujuan untuk mengetahui spesies kimia dari logam tersebut dan untuk mengetahui perbedaan spesies logam berat setelah melalui proses penyerapan oleh tanaman yang tumbuh pada tanah tersebut. Tabel 1 menunjukkan konsentrasi Pb dan Cu pada setiap fraksi dalam tanah. Pada ekstraksi bertahap diperoleh 4 fraksi yaitu fraksi 1 (F1) adalah logam yang cenderung terikat pada senyawa karbonat, fraksi 2 (F2) adalah logam yang terikat pada Fe/Mn oksida, Fraksi 3 merupakan logam yang terikat/berasosiasi pada bahan organik dan fraksi 4 (F4) merupakan fraksi yang sebagian besar berbentuk silikat. Persamaan regresi linier untuk logam timbal (Pb) diperoleh sebesar $y = 0,0413x + 0,0038$ dan logam tembaga (Cu) adalah $y = 0,2089x + 0,0043$ dengan koefisien regresi yang sama yaitu (R^2) = 0,9999.

Pada Tabel 2. terlihat bahwa semua lahan memiliki konsentrasi logam Pb paling tinggi pada fraksi 3 (F3), hal ini dikarenakan semua lahan menggunakan pupuk organik. Pengaplikasian pupuk organik yang tinggi menyebabkan keberadaan logam pada spesies organik/sulfida tinggi di tanah pertanian.

Semua lahan paling tinggi mengandung logam Cu pada fraksi 4 (F4) yang menunjukkan bahwa logam Cu paling banyak terikat kuat sebagai silikat yang sangat stabil sehingga akan sulit terlepas. Fraksi ini mengindikasikan bahwa logam tersebut bersumber dari pelapukan batuan secara alami bukan dari aktivitas manusia. Sementara itu, konsentrasi pada fraksi 4 (F4) mengalami penurunan saat panen karena penambahan pupuk kandang yang mengandung asam humat efektif mengikat logam Cu.

Tabel 1. Konsentrasi Logam Pb dan Cu Setiap Fraksi dalam Tanah

| Lahan | F raksi | Tanah Sebelum Penanaman | | Tanah Saat Panen | |
|-------|-----------------------|-------------------------|------------|------------------|------------|
| | | Pb (mg/kg) | Cu (mg/kg) | Pb (mg/kg) | Cu (mg/kg) |
| I | I (EFLE) | 0,9681 | 0,2177 | 4,3038 | 2,1938 |
| | II (Fe/Mn Oksida) | 8,3374 | 16,1962 | 16,4204 | 13,4070 |
| | III (Organik/sulfida) | 22,4701 | 23,8903 | 73,4244 | 20,9640 |
| | IV (Resisten) | 0,9675 | 43,5719 | 24,2462 | 35,1256 |
| II | I (EFLE) | 1,3850 | 1,0508 | 6,2130 | 2,5316 |
| | II (Fe/Mn Oksida) | 15,3284 | 18,6758 | 18,9635 | 13,6802 |
| | III (Organik/sulfida) | 24,9294 | 22,5095 | 50,1889 | 21,7677 |
| | IV (Resisten) | 1,3985 | 41,0579 | 16,8223 | 33,8439 |
| III | I (EFLE) | 2,2186 | 1,3746 | 8,0281 | 2,9774 |
| | II (Fe/Mn Oksida) | 11,5382 | 8,4368 | 20,0901 | 15,6165 |
| | III (Organik/sulfida) | 35,0174 | 19,6827 | 30,6209 | 20,6465 |
| | IV (Resisten) | 10,8927 | 58,1173 | 1,3713 | 39,9745 |

Tabel 2. Konsentrasi Rata-rata Logam Pb dan Cu Total dalam Tanah

| Lahan | Rata-rata Sebelum Penanaman \pm SD (mg/kg) | | Rata-rata Saat Panen \pm SD (mg/kg) | |
|-------|--|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| | [Pb] | [Cu] | [Pb] | [Cu] |
| I | 32,7431 \pm 1,6348 | 83,8761 \pm 0,3281 | 118,3948 \pm 2,3076 | 71,6904 \pm 1,7724 |
| II | 43,0413 \pm 1,8040 | 83,2939 \pm 0,7462 | 92,1877 \pm 1,2149 | 71,8234 \pm 2,8498 |
| III | 59,6669 \pm 0,9456 | 87,6115 \pm 1,1030 | 60,1103 \pm 2,0892 | 79,2150 \pm 2,7942 |

Konsentrasi rata-rata Pb total pada tanah sebelum penanaman paling tinggi berada pada lahan III kemudian lahan II dan paling rendah lahan I (III > II > I). Sedangkan konsentrasi rata-rata logam Cu total paling tinggi berada pada lahan III diikuti oleh lahan I dan paling rendah lahan II (III > I > II). Lahan III memiliki kandungan logam berat yang tinggi karena sebelumnya menjadi TPA dan lahan tersebut sudah lama tidak ditanami sayur sehingga tidak ada logam yang diserap oleh tanaman. Pada tanah saat panen terlihat bahwa konsentrasi logam Pb paling tinggi berada pada lahan I kemudian lahan II dan paling rendah lahan III (I > II > III).

Hal tersebut dikarenakan pada lahan I dikelilingi oleh pertanian konvensional. Sementara itu, untuk logam Cu total paling tinggi berada pada lahan III, kemudian lahan II dan paling rendah lahan I (III > II > I). Pola konsentrasi logam Cu total tetap paling tinggi pada lahan III, namun saat panen diikuti oleh lahan II dan paling rendah lahan I. Hal ini disebabkan perlakuan yang diberikan oleh petani seperti jumlah pupuk dan jenis pupuk pada setiap lahan yang berbeda.

Tabel 3 menunjukkan bioavailabilitas Pb dan Cu dalam tanah. Fraksi 1 (F1) adalah logam yang bersifat *bioavailable*, fraksi 2 dan fraksi 3 (F2 dan F3) logam yang bersifat berpotensi *bioavailable*, serta fraksi 4 (F4) logam yang bersifat non *bioavailable* atau resisten. Seluruh lahan pertanian organik pada penelitian ini baik sebelum penanaman maupun saat panen mengandung logam Pb yang mempunyai sifat berpotensi *bioavailable* dikarenakan banyaknya bahan organik yang terdapat di dalam tanah yang merupakan hasil dari aplikasi pupuk organik. Kandungan logam Pb yang bersifat berpotensi *bioavailable* pada saat panen mengalami penurunan dibandingkan sebelumnya dikarenakan logam Pb kemungkinan menjadi *bioavailable* akibat adanya proses redoks yang mampu mendegradasi ikatan logam dengan organik/sulfida maupun Fe/Mn oksida yang menyebabkan logam terlepas (Gasparatos *et al.*, 2005). Kecenderungan tingkat bioavailabilitas Pb baik sebelum penanaman dan saat panen dalam tanah pertanian pada penelitian ini yaitu sifat berpotensi *bioavailable* > non *bioavailable* > *bioavailable*.

Tabel 3. Bioavailabilitas Logam Pb dan Cu dalam Tanah (%)

| Lahan | Bioavailabilitas | Tanah Sebelum Penanaman | | Tanah Saat Panen | |
|-------|--------------------------------|-------------------------|-------|------------------|-------|
| | | Pb(%) | Cu(%) | Pb(%) | Cu(%) |
| I | <i>Bioavailable.</i> | 2,99 | 0,26 | 3,62 | 3,09 |
| | Berpotensi <i>bioavailable</i> | 94,06 | 47,76 | 75,94 | 48,05 |
| | <i>Non bioavailabilitas</i> | 2,95 | 51,98 | 20,44 | 48,86 |
| II | <i>Bioavailable</i> | 3,21 | 1,26 | 7,34 | 3,52 |
| | Berpotensi <i>Bioavailable</i> | 93,44 | 49,15 | 77,63 | 49,35 |
| | <i>Non bioavailabilitas</i> | 3,35 | 49,59 | 15,03 | 47,13 |
| III | <i>Bioavailable</i> | 4,54 | 1,55 | 13,37 | 3,76 |
| | Berpotensi <i>bioavailable</i> | 83,88 | 32,08 | 84,34 | 45,67 |
| | <i>Non bioavailabilitas</i> | 11,58 | 66,37 | 2,29 | 50,57 |

Terlihat bahwa seluruh lahan sebelum penanaman maupun saat panen mengandung logam Cu yang didominasi mempunyai sifat berpotensi non *bioavailable* diakibatkan oleh aktivitas alam seperti pelapukan batuan bukan aktivitas manusia. Namun, pada saat panen konsentrasi logam Cu yang bersifat non *bioavailable* pada saat panen mengalami penurunan dibandingkan sebelumnya dikarenakan pengaruh dari asam humat yang berasal dari pupuk kandang dimana asam humat dapat mengadsorpsi logam Cu dengan daya serap bervariasi tergantung pada sifat ion logamnya (Yuliyati dan Natanael, 2016). Secara general tingkat bioavailabilitas logam Cu sebelum penanaman dan saat panen sebagai berikut: non *bioavailable* > berpotensi *bioavailable* > *bioavailable*.

Konsentrasi Logam Pb dan Cu Total dalam Edible Part Sayur Pakcoy

Edible part adalah bagian tumbuhan yang dapat dimakan diantaranya daun, batang, umbi, biji, dan buah. *Edible part* pada sayur pakcoy terletak pada batang dan daun.

Tabel 4. Konsentrasi Rata – rata Logam Pb dan Cu Total dalam *Edible Part* Sayur Pakcoy

| Lahan | [Pb]mg/kg | [Cu]mg/kg |
|-------|------------------|------------------|
| I | 5,1612 ± 2,5378 | 19,4627 ± 2,3291 |
| II | 6,1301 ± 0,6105 | 22,4548 ± 2,2354 |
| III | 11,8580 ± 1,6011 | 19,9709 ± 2,8120 |

Konsentrasi logam total Pb dalam *edible part* sayur pakcoy berkisar rata – rata antara 5,1612 ± 2,5378 – 11,8580 ± 1,6011. Hal tersebut sesuai dengan kandungan logam total Pb pada tanah sebelum penanaman, dimana lahan III paling tinggi mengandung logam Pb total dibandingkan lahan I dan II. Selain itu, saat panen lahan III mengandung logam Pb total paling rendah dikarenakan banyak berakumulasi ke bagian tanaman. Masa panen sayur pakcoy yang cukup singkat antara 25 – 30 hari menyebabkan akumulasi logam Pb masih sedikit pada *edible part*. Konsentrasi logam Cu total dalam *edible part* sayur pakcoy berkisar rata-rata 22,4548 ± 2,2354 - 19,4627 ± 2,3291 mg/kg. Konsentrasi logam Cu paling tinggi berada pada lahan II dikarenakan proses penanaman dilakukan di *green house* sehingga logam Cu tidak larut terbawa air hujan.

SIMPULAN

Tanah pertanian organik di Kota Denpasar memiliki tingkat bioavailabilitas yang dominan bersifat berpotensi *bioavailable* dengan persentase sebelum penanaman dan saat panen berturut-turut: *bioavailable* (1,08 – 6,64)% dan (2,32 – 15,63)%, berpotensi *bioavailable* (66,53 – 97,01)% dan (67,95 – 89,32)%, dan non *bioavailable* (0,60 – 31,33)% dan (0,61 – 26,90)%. Sementara itu, logam berat Cu dominan bersifat non *bioavailable* dengan persentase sebelum penanaman dan saat panen berturut-turut: *bioavailable* (0,10 – 2,35)% dan (2,69 – 3,79)%, berpotensi *bioavailable* (31,16 – 57,52)% dan (41,85 – 50,69)% dan non

bioavailable (41,28 – 67,69)% dan (45,54 – 54,35)%.

Berdasarkan Ministry of State for Population and Environment of Indonesia, and Dalhousie University (1992), logam Pb total pada lahan I saat panen melebihi batas maksimum, sedangkan pada logam Cu, semua lahan melebihi batas maksimum. Kandungan Pb total dalam tanah pertanian organik sebelum penanaman dan saat panen sayur pakcoy di Kota Denpasar secara berturut – turut adalah 32,7431 – 59,6669 mg/kg dan 60,1103 – 118,3948 mg/kg. Kandungan Cu total dalam tanah pertanian sebelum penanaman dan saat panen sayur pakcoy di Kota Denpasar secara berturut – turut adalah 83,2939 – 87,6115 mg/kg dan 71,6904 – 79,2150 mg/kg. Konsentrasi Pb dan Cu dalam *dible part* sayur pakcoy berturut-turut sebesar 2,2983 – 13,0705 mg/kg dan 16,2918 – 24,8159 mg/kg. Berdasarkan data yang telah ditetapkan oleh BPOM, logam Pb dan Cu yang diperoleh melebihi ambang batas berturut-turut sebesar 0,2mg/kg dan 5mg/kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B. J. 1990. *Heavy Metal in Soils*. Jhon Willey and Sons Inc. New York.
- Gasparatos, D., Haidouti, C., Areta. O. and Andrinopoulus. 2005. Chemical Speciation and Bioavailability of Cu, Zn, and Pb in Soil from The National Garden of Athens Greece. *Proceedings: International Conference on Environmental Science and Technology*. Rhodes Island.
- Harlyan, L. I., dan Sari, S. H. J. 2015. Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu & Zn pada Air dan Sedimen Permukaan Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Porong, Sidoarjo, Jawa Timur. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 20(1): 52-61.
- Siaka, I. M., Nurcahyani, H., & Manuaba, I. B. 2019. Spesiasi dan Bioavailabilitas Pb dan Cu dalam Tanah Pertanian Organik Serta Kandungan Logam Totalnya dalam Sayur Brokoli. *JURNAL KIMIA*. 13(2): 145-152.
- Tisnawati, N. M. 2015. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Permintaan Konsumen Beras Organik di Kota Denpasar. *PIRAMIDA*. 9(1): 13 – 19.
- Widaningrum, M. 2007. Bahaya Kontaminasi Logam Berat Sayuran dan Alternatif Pencegahan Cemarannya. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*. 3:16-27.
- Yuliyati, Y.B., & Natanael, C.L. 2016. Isolasi Karakterisasi T Asam Humat dan Penentuan Daya Serapnya Terhadap Ion Logam Pb (II), Cu (II) dan Fe (II). *Al-Kimia*. 4(1): 43-53.