

BAB II

KAJIAN TORI PENCEMARAN LINGKUNGAN, LOGAM BERAT, AIR IRIGASI, TANAH DAN SAYURAN KANGKUNG

A. Industri

Industri tersebar diberbagai wilayah baik diperkotaan maupun pedesaan, banyaknya industri saat ini menjadi salah satu sumber perekonomian masyarakat selain itu juga memenuhi kebutuhan masyarakat akan suatu barang atau makanan. Menurut Nasir & Saputro (2015, hlm. 144) menyatakan bahwa pemacu pertumbuhan ekonomi yaitu industrialisasi yang menjadi alternatif di berbagai negara, ini dapat memberikan pertumbuhan yang cepat dan di sisi lain perlu diwaspadai dampaknya. Pertumbuhan ekonomi di dorong oleh pertumbuhan industri, semakin banyak industri maka perekonomian semakin meningkat. Perkembangan industri yang terus meningkat dapat menyebabkan dampak negatif pada pertanian karena limbahnya dapat mencemari sungai dan tanah (Zwolak *et. al*, 2019 dalam Khasanah *et al.*, 2021, hlm. 73). Industri menjadi salah satu penyumbang polutan bagi lingkungan sehingga dapat menyebabkan pencemaran yang dapat berdampak bagi kesehatan manusia. Salah satu zat berbahaya yang terkandung didalam limbah industri adalah logam berat yang dapat menjadi zat pencemar. Konsentrasi logam berat dan metaloid dalam air irigasi, tanah dan sayuran meningkat pesat dilahan pertanian disebabkan aktivitas atropogenik termasuk industrialisasi dan urbanisasi (Ahmed *et al.*, 2019, hlm. 1).

Keberadaan industri dapat berdampak negatif karena menghasilkan pencemaran pada lingkungan menyebar luas ke pertanian, pemukiman dan keperairan. Seluruh bentuk limbah hasil industri dapat berdampak negatif bagi lingkungan dan proses produksi baik bentuk padat, cair ataupun gas (Nasir & Saputro, 2015, hlm. 145). Pencemaran akibat industri di sebabkan limbah yang mengandung kontaminan yang berbahaya berupa zat kimia dalam berbagai bentuk tidak hanya berdampak pada lingkungan yang tercemar tetapi juga makhluk hidup.

B. Pencemaran Lingkungan

Pencemaran menjadi permasalahan yang memberikan dampak negatif bagi makhluk hidup yang berhubungan dengan kesehatan manusia, banyaknya aktivitas manusia dari berbagai sektor menjadi penyebab terjadinya pencemaran.

1. Pengertian Pencemaran Lingkungan

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 22 tahun (2021) “pencemaran lingkungan hidup adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk, zat, energi, dan/atau komponen lain kedalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan”. Pencemaran lingkungan merupakan masuknya pencemar yang berdampak buruk pada lingkungan dan makhluk hidup. Polutan merupakan bahan atau zat yang penyebab pencemaran, suatu zat dapat dikata polutan apabila zat tersebut melebihi jumlah atau kadar normal, berada di waktu yang salah, dan tempat yang salah (Muslimah, 2017, hlm. 12).

2. Jenis-jenis pencemaran

Pencemaran terjadi pada komponen lingkungan yaitu udara, tanah dan air (Dewata & Danhas, 2018, hlm. 6). Komponen-komponen lingkungan tersebut menjadi media penyebaran bahan pencemar di lingkungan, berdasarkan jenis medianya tersebut pencemaran lingkungan dapat dikelompokkan menjadi tiga berdasarkan tempat terjadinya sebagai berikut:

a. Pencemaran udara

Pencemaran udara merupakan hadirnya kontaminan dalam udara seperti, asap, gas, debu, bau dan uap dalam jumlah banyak dan berlangsung lama sehingga menimbulkan gangguan bagi makhluk hidup (Perkins, 1974 dalam Dewata & Danhas, 2018, hlm. 77). Pencemaran udara terkadang hanya dapat dilihat atau dirasakan, seperti pencemaran akibat bau tidak sedap hanya dapat dirasakan sedangkan pencemaran akibat asap dapat dilihat dan dirasakan. Kendaraan bermotor menjadi sumber terbesar penyumbang polutan yang menjadi pencemaran udara (Lilianto *et al.*, 2018, hlm. 48). Selain kendaraan bermotor pencemaran

terbesar berasal dari industri, pembangkit listrik dan aktivitas rumah tangga yang menyebabkan penurunan kualitas udara (Hasbiah *et al.*, 2016, hlm. 50). Tidak hanya disebabkan oleh manusia, pencemaran di udara juga dapat terjadi secara alami seperti terjadi kebakaran hutan akibat kemarau atau tersambar petir sehingga menghasilkan asap dan bencana alam letusan gunung berapi yang mengeluarkan debu.

b. Pencemaran air

Pencemaran air merupakan kondisi sifat alami air yang berada di lingkungan mengalami penyimpangan dari keadaan normalnya (Dewata & Danhas, 2018, hlm. 91). Air yang menjadi kebutuhan utama dan terpenting bagi seluruh makhluk hidup dapat mengalami pencemaran, tidak hanya secara alami tetapi juga diakibatkan oleh manusia. Perilaku manusia yang membuang limbah organik dan anorganik, limbah padat dan cair serta kurangnya pengelolaan limbah menyebabkan terjadinya pencemaran air (Susanti & Miardini, 2017, hlm. 130). Pencemaran berasal dari polutan yang berupa mikroorganisme dan mineral, polutan mikroorganisme berupa bakteri patogen sedangkan polutan mineral berupa timbal, arsen, nitrat, rakasa, sulfida, fenolik, amoniak dan bahan radioaktif (Rakhman, 2020, hlm. 31). Air yang tercemar oleh berbagai bahan dapat meluas keseluruh komponen seperti tanah.

c. Pencemaran tanah

Pencemaran tanah merupakan hadirnya bahan-bahan kimia yang dihasilkan oleh manusia kemudian mengkontaminasi dan mengubah susunan komponen alami tanah (Ramadhan, 2018, hlm. 98). Pencemaran pada tanah terjadi akibat adanya kontaminan yang merusak sifat alami tanah sehingga tidak lagi berfungsi secara semestinya. Pencemaran pada tanah dapat disebabkan adanya kebocoran limbah cair, bahan kimia industri, fasilitas komersial, pestisida, tempat pembuangan sampah dan pembuangan limbah tanpa pengolahan (Supriatna *et al.*, 2021, hlm. 460). Aktivitas-aktivitas tersebut menyebabkan tanah menjadi tercemar oleh zat beracun yang pada akhirnya dapat berpengaruh pada makhluk hidup sekitarnya baik hewan, tumbuhan ataupun manusia. Pencemaran pada tanah berkaitan erat dengan pencemaran yang terjadi pada air dan udara, sumber pencemara air dan udara umumnya menjadi pencemara tanah (Muslimah, 2017, hlm. 13). Selain itu

(Muslimah, 2017, hlm. 13–14) mengungkapkan mengenai komponen bahan pencemar sebagai berikut:

- 1) Senyawa organik yang dapat membusuk, seperti hewan dan tumbuhan mati.
- 2) Senyawa organik dan anorganik yang tidak dapat diuraikan, seperti keramik dan plastik.
- 3) Gas yang larut dalam air hujan, seperti oksida nitrogen.
- 4) Logam berat hasil limbah industri, seperti raksa, seng, kadmium dan timbal.
- 5) Zat radioaktif.

C. Logam Berat

1. Pengertian Logam Berat

Logam merupakan material dengan kandungan unsur kimia yang dapat dijumpai di lingkungan baik secara langsung maupun tidak langsung dan alami ataupun tidak alami. Logam dapat berukuran sangat kecil yang memungkinkan terlarut dan terakumulasi pada suatu benda atau organisme sehingga tidak dapat dilihat secara kasat mata. Menurut Jarup (2003 dalam Adhani & Husaini, 2017, hlm. 14) logam berat memiliki kepadatan lebih dari 5 g/cm^3 sehingga dapat mempengaruhi lingkungan serta organisme hidup. Komponen alami tanah salah satunya adalah logam berat yang memiliki sifat racun dan menjadi bahan pencemar dalam jumlah yang banyak dapat mempengaruhi kondisi perairan secara biologis maupun ekologis (Putra *et al.*, 2020, hlm. 840–841).

2. Sifat Logam Berat

Logam berat termasuk Bahan Berbahaya Beracun (B3) yang menjadi sumber pencemar bagi lingkungan dan memiliki sifat berbahaya bagi organisme hidup. Menurut Sutamihardja (2006 dalam Adhani & Husaini, 2017, hlm. 16) mengatakan bahwa terdapat beberapa sifat logam berat yang dapat berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup yaitu:

- a. Mudah terakumulasi pada sedimen;
- b. Mudah terakumulasi pada lingkungan karena sulit didegradasi;
- c. Dapat terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup dengan konsentrasi yang terus meningkat.

3. Macam Logam Berat

Logam berat memiliki sifat toksik, namun dalam jumlah yang tidak berlebihan terdapat logam berat sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup. Menurut Siagian *et al.*, (2019, hlm. 5) logam berat dibedakan menjadi dua berdasarkan toksikologinya sebagai berikut:

a. Logam berat esensial

Logam berat yang dibutuhkan oleh makhluk hidup dalam jumlah tertentu untuk membantu proses fisiologis dengan enzim atau pembentukan organ. Berikut contoh logam non esensial yaitu Cu, Fe, Zn, Se, Co, dan Mn.

b. Logam berat *non*-esensial

Logam berat yang belum diketahui manfaatnya bagi tubuh makhluk hidup dan bersifat racun, dapat menimbulkan efek merugikan bagi kesehatan manusia. Berikut contoh logam non-esensial yaitu Pb, Hg, Cd, Cr, As, dan Sn.

4. Sumber Kontaminasi

Menurut (Agustina, 2014, hlm 55) menyatakan bahwa bumi memiliki komponen alami berupa logam berat yang berada pada bagian kulitnya, logam berat menjadi zat yang berbahaya karena dapat terjadi bioakumulasi dan memiliki sifat yang tidak dapat di musnahkan. Keberadaan logam berat di lingkungan sangat mudah dijumpai terutama di daerah perkotaan dengan banyaknya industri yang berkembang. Sumber pencemaran logam berat yang terjadi di lingkungan dapat berasal dari limbah buangan industri, kendaraan bermotor dan pertambangan (alloway, 1990 dalam Rinawati & Sofiatun, 2018, hlm. 174). Keberadaan industri menjadi salah satu sumber kontaminasi logam berat sehingga dapat menimbulkan pencemaran, karena industri terus melakukan produksi sementara logam berat tidak dapat dimusnahkan sehingga terjadi penimbunan logam berat dalam lingkungan. Limbah hasil industri berupa cair, padat, atau gas dapat mengakibatkan pencemaran yang memberikan kontribusi pelepasan logam berat seperti timbal (Pb), kromium (Cr) dan logam lainnya yang berdampak pada makhluk hidup (Andini, 2021, hlm. 18). Pencemaran limbah pada lingkungan tidak hanya berasal dari aktivitas industri yang besar, tetapi dapat pula dari aktivitas industri dengan skala kecil. Manusia

menghasilkan limbah yang menjadi salah satu faktor pencemar tanah yang berasal dari limbah rumah tangga, industri maupun pertanian (Yusuf *et al.*, 2016, hlm. 57).

5. Logam Berat Timbal (Pb)

Jumlah logam timbal (Pb) di alam sangat sedikit, namun dengan adanya aktivitas seperti industri yang menggunakan logam timbal dalam prosesnya menyebabkan penumpukan logam pada lingkungan. Logam berat timbal (Pb) mudah di temukan pada lingkungan dari berbagai sumber aktivitas seperti industri, dengan ukuran yang kecil dan bahkan terlarut dalam air. Hal ini dapat menyebabkan kontaminasi dengan konsentrasi yang terus bertambah pada berbagai komponen lingkungan. Timbal atau timah hitam merupakan logam yang sangat beracun dan penggunaan secara rutin dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan masalah kesehatan pada banyak dunia (Sharma *et al.* 2005 dalam Ahmad Bhat *et al.*, 2019, hlm. 108). Dapat disebutkan bahwa logam timbal (Pb) merupakan bahan pencemar bagi lingkungan yang berdampak buruk bagi organisme hidup.



Gambar 2. 1 Logam Berat Timbal (Pb)

Sumber: www.livescience.com (Pedersen, 2016)

a. Karakteristik Logam Timbal (Pb)

Logam berat timbal (Pb) atau biasa disebut juga timah hitam yang memiliki simbol Pb termasuk dalam kelompok VI dan periode 6 pada tabel periodik unsur kimia. Memiliki sifat kimia yang aktif, berwarna coklat kehitaman dengan sifat lunak dan memiliki titik lebur yang rendah sehingga mudah untuk dimurnikan dan dibentuk (Adhani & Husaini, 2017, hlm. 38). Timbal atau timah hitam memiliki

empat bentuk isotop dengan titik lebur 327,5°C dan titik didih 1740°C, memiliki titik uap rendah yang dapat menstabilkan senyawa lain (Lubis *et al.*, 2013, hlm. 17).

b. Bahaya Logam Berat Timbal (Pb)

Logam berat timbal (Pb) merupakan zat kimia yang bersifat karsinogen yang dapat menyebabkan resiko penyakit pada manusia, beresiko tinggi terhadap tulang, pembuluh darah, sistem saraf sehingga dapat terakumulasi pada organ tubuh khususnya otak, ginjal, dan hati sehingga dapat menimbulkan gagal fungsi (Heryanto Palar, 2012 dalam Alamsyah & Arif, 2021, hlm. 73). Sedangkan menurut Palar (1973 dalam Adhani & Husaini, 2017, hlm. 38–39) mengatakan bahwa timbal memberikan efek sebagai berikut:

- 1) Pada sistem pencernaan, kolik usus disertai kontipasi berat pada sistem hemopoitik yang dapat menghambat enzim aminolevulenat dehidratase sehingga memperpendek masa hidup sel eritrosit.
- 2) Pada sistem saraf, mengakibatkan epilepsi, kerusakan serebrum, delirium dan halusinasi.
- 3) Pada sistem urin, terjadi kerusakan ginjal seperti gagal ginjal.
- 4) Pada sistem reproduksi, mengakibatkan penurunan kemampuan reproduksi.
- 5) Pada sistem endokrin, mengakibatkan terjadinya kekurangan iodium.
- 6) Pada anak-anak terjadi gangguan fungsi jantung.

D. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb)

Logam berat menjadi bahan pencemar yang terus bertambah pada lingkungan mengingat sifat logam berat yang tidak dapat terdegradasi. Makhluh hidup memiliki potensi untuk mengakumulasi logam berat yang mencemari badan perairan, udara, dan tanah (Fajriah *et al.*, 2017, hlm. 155-156). Logam berat sudah berada di lingkungan melalui berbagai proses alam, dengan adanya aktivitas seperti industri mendorong terjadinya peningkatan logam berat pada lingkungan. Aktivitas alam dan manusia menjadi sumber logam berat termasuk erosi tanah, pelapukan batuan, limbah industri, pembuangan limbah, pertambangan, limpasan perkotaan, agen pengendali serangga atau penyakit yang diterapkan pada tanaman (Aruti *et al.*

2010 dalam Ahmad Bhat *et al.*, 2019, hlm. 106). Pembuangan limbah industri ke lingkungan berdampak pada tingginya konsentrasi logam berat pada lingkungan. Hasil industri yang berupa logam berat dapat menjadi sumber nutrisi tanaman namun dalam jumlah yang tidak melebihi ambang batas, jika melebihi ambang batas dapat menyebabkan ketidak seimbangan dalam berbagai proses pada tanaman dan berbahaya jika dikonsumsi.

Pencemaran logam berat banyak terjadi pada daerah industri, karena kurangnya pengendalian dan pemerhatian pada kualitas lingkungan. Pencemaran logam berat diperlukan pengujian secara khusus untuk memastikan kadar logam masih dalam ambang batas yang aman atau tidak. Secara kasat mata akan sulit melihat suatu lingkungan mengalami pencemaran logam berat atau tidak. Logam berat dapat terakumulasi pada berbagai komponen lingkungan seperti air, tanah dan sayur.

1. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air Irigasi

Dalam konsentrasi yang tinggi logam berat dapat bersifat berbahaya yang menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan hingga mempengaruhi kehidupan organisme didalamnya serta penggunaannya. Logam berat dapat ditemukan larut pada air dari berbagai proses alami dan buatan. Logam berat non esensial dapat mencemari lingkungan meskipun dalam jumlah yang sedikit, karena memiliki sifat yang beracun. Pencemaran logam timbal (Pb) dalam air dapat berasal dari aktivitas industri yang menghasilkan limbah, air dapat masuk ke berbagai sistem pengairan seperti pertanian dan irigasi. Menurut Putra, A. Y. & Mairizki (2020, hlm. 48) mengatakan bahwa secara alami kandungan logam berat relatif sedikit, peningkatan logam berat yang menyebabkan pencemaran air berasal dari kegiatan seperti industri, kosmetik, dan pertanian. Logam timbal (Pb) sulit larut dalam air namun dapat terlarut dalam asam nitrat, asam asetat dan asam sulfat pekat (Palar, 1994 dalam Sambo *et al.*, 2022, hlm. 252). Logam berat timbal juga dapat di udara dan masuk ke perairan irigasi pertanian melalui air hujan. Timbal yang terkandung dalam udara masuk ke perairan melalui pengkristalan oleh air hujan dan logam berat timbal mengendap dalam perairan karena sifat dari logam berat yang mudah mengendap (Budiastuti *et al.*, 2016, hlm. 120).

Tabel 2. 1 Baku Mutu Logam Berat Timbal (Pb) dalam Air

Parameter	Satuan	Batas Maksimum/Baku Mutu
Timbal	mg/L	0,5

Sumber: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (2021)

Berdasarkan pada tabel 2.1 mengenai baku mutu logam berat timbal (Pb) yang terkandung dalam air diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup berdasarkan kelas empat yakni sebesar 0,5 mg/L.

2. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) Pada Tanah

Logam berat pada tanah dapat bersumber dari pelapukan batuan dan limbah industri yang mengkontaminasi tanah, logam berat dalam air dapat mengendap pada tanah sehingga terjadi akumulasi yang jumlahnya dapat terus bertambah. Agustina (2014, hlm. 54) mengatakan bahwa air dan udara merupakan sumber utama kontaminan logam berat yang kemudai dapat mencemari tanah. Sejatinya tanah telah mengandung unsur-unsur logam yang berasal dari pelapukan batuan. Tanah mengandung unsur mikro seperti timbal, tembaga, dan lainnya, namun secara alamiah kandungan logam timbal (Pb) dalam tanah adalah 10 ppm (*Karamina et al.*, 2017, hlm. 431). Logam berat timbal (Pb) yang banyak dijumpai di lingkungan dan dapat terus meningkat bergantung pada sumbernya. Berikut beberapa faktor yang mempengaruhi konsentrasi timbal (Pb) pada tanah yaitu aktivitas sekitar, jenis tanah, aliran air dan kemiringan lahan pertanian (Sukandarumidi 2017 dalam Alamsyah & Arif, 2021, hlm. 73). Selain itu terdapat faktor lain yang mempengaruhi tingginya logam bahan organik dalam tanah, terdapat aktivitas hewan tanah yang membentuk senyawa organik. Banyaknya bahan organik tanah dapat meningkatkan kandungan logam berat dalam tanah karena peluang terbentuknya senyawa kompleks organologam menjadi semakin besar (Matagi, 1988 dalam Suastawan *et al.*, 2016, hlm. 50). Kualitas tanah pertanian dapat menjadi faktor penting pada tanaman karena dapat berpengaruh pada kandungan terhadap hasil pertanian tersebut. Pencemaran akibat logam berat timbal (Pb) pada lingkungan dapat menurunkan fungsi, produktivitas dan kualitas hasil tanaman serta membahayakan kesehatan melalui konsumsi hasil pangan dari tanah yang

tercemar, produk pertanian di tuntut untuk sesuai dengan baku mutu agar aman dikonsumsi (Alamsyah & Arif, 2021, hlm. 73).

Kualitas pertanian beserta komponennya menjadi penentu kualitas hasil tanam termasuk tanah. Untuk meningkatkan produktivitas dan ketahanan pangan pada pertanian atau perkebunan perlu dilakukan perbaikan sifat fisik dan kimia tanah untuk menghasilkan panen yang sesuai (Wuana & Okieimen, 2011 dalam Khasanah et al., 2021, hlm. 74). Tercemarannya tanah dapat berasal dari air irigasi yang mengairi pertanian namun disisain penggunaan air irigasi dari limbah mengurangi kebutuhan air tawar, selain itu dapat menambah nutrisi dan bahan organik pada tanah (Horswele *et al.*, 2003 dalam Meng *et al.*, 2016, hlm. 153). Dalam jumlah yang tidak berlebihan logam dapat menjadi sumber nutrisi tambahan bagi suatu tanaman, namun logam berat timbal termasuk logam yang tidak dibutuhkan oleh makhluk hidup bahkan bersifat berbahaya. Bahan organik tanah menyebabkan *chelation* pada kation logam sehingga unsur hara tersedia sehingga ketika pH rendah dan konsentrasi logam tinggi memudahkan diserap tanaman (Khasanah *et al.*, 2021, hlm. 76).

Tabel 2. 2 Baku Mutu Logam Berat Timbal dalam Tanah

Parameter	Satuan	Batas Maksimum/Baku Mutu
Timbal	ppm	100

Sumber: *Ministry of State for Population and Enviromental of Indonesia, and Dalhouse, university* (1992 dalam Suastawan *et al.*, 2016, hlm. 46)

Berdasarkan tabel 2.2 diatas kualitas tanah yang ditetapkan oleh *Ministry of State for Population and Enviromental of Indonesia, and Dalhousie, University Canada* (1992 dalam Suastawan *et al.*, 2016, hlm. 46) yaitu sebesar 100 ppm atau 100 mg/kg.

3. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) Pada Sayur

Pertanian menjadi lokasi pertumbuhan tanaman terutama yang diperuntukan untuk komsumsi salah satunya yaitu sayuran. Pencemaran dapat merambah hingga pertanian, berbagai sumber pencemaran dapat masuk ke pertanian melalui beberapa cara seperti udara dan aliran air. Kualitas sayuran sangat dipengaruhi kondisi lingkungan, sayuran yang tumbuh ditempat tercemar dan di siram dengan air

tercemar dapat menyebabkan sayuran mengandung kontaminan berbahaya terutama logam berat (Rinawati & Sofiatun, 2018, hlm. 170). Air penyiraman tanaman dapat dari berbagai sumber seperti irigasi yang terkontaminasi limbah industri. Terdapat logam yang memiliki sifat akumulatif dan karsinogenik yang masuk dalam lingkungan pertanian, lahan persawahan yang dapat membahayakan bagi konsumen, logam berat yang masuk pertanian akan mengkontaminasi sel tanaman yang menjadi pakan ternak atau pangan bagi manusia (Komarawidjaja, 2017, hlm. 176).

Logam berat pada lingkungan pertanian berdampak negatif bagi makhluk hidup. Terdapat faktor yang mempengaruhi kandungan timbal dalam tanaman yaitu lama kontak tanaman dengan timbal, kandungan timbal tanah, umur tanaman, morfologi, fisiologi tanaman dan faktor yang mempengaruhi areal sekitar tanaman (Lilianto *et al.*, 2018, hlm. 48). Logam berat timbal (Pb) dapat masuk dalam sayur menjadi salah satu cara perpindahan logam pada tubuh manusia selain itu timbal dalam tanaman dapat menyebabkan kerusakan fisik tanaman, yang menyebabkan penurunan kemampuan dalam menyerap air, pembukaan stomata dan pertumbuhan tanaman terganggu. Akar dan mulut daun (stomata) menjadi jalan masuk bagi logam berat ke dalam tanaman yang kemudian menyebar sehingga tanaman menjadi media penyebaran logam-logam (Katipana, 2015, hlm. 144). Logam berat timbal (Pb) sulit terakumulasi dalam pembuahan sayuran dan buah, konsentrasi tinggi ditemukan pada sayuran berdaun dan permukaan umbi (Handayanto *et al.*, 2017, hlm. 4).

Tabel 2. 3 Baku Mutu Logam Berat Timbal (Pb) dalam Pangan

Parameter	Satuan	Batas Maksimum/Baku Mutu
Timbal	mg/kg	0,5

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2009)

Berdasarkan Tabel 2.3 Kualitas yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (SNI) No. 7387 tahun 2009 tentang batas maksimum logam berat timbal (Pb) pada sayur dan olahannya.

E. Mekanisme Penyerapan dan Translokasi Logam Berat

Akumulasi logam berat pada lingkungan yang berasal dari berbagai faktor dapat berpindah dari satu media ke media yang lainnya (Irawanto & Mangkoedihardjo, 2015, hlm. 54). Logam berat yang mencemari lingkungan dapat dapat mengkontaminasi berbagai komponen yang terdapat di dalamnya.

1. Mekanisme Penyerapan dan Translokasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Tanaman

Mekanisme penyerapan logam pada tanaman melalui media komponen lingkungan yang telah terkontaminasi oleh logam timbal (Pb) dengan adanya kontak langsung seperti air, tanah dan udara. terdapat Penyerapan logam berat pada tanaman terbagi dalam tiga proses yaitu penyerapan logam berat oleh akar tanaman, translokasi ke organ tanaman yang lain melalui jaringan xylem dan floem yang diikat oleh molekul khelat, dan lokalisasi pada sel tertentu agar tidak mengganggu metabolisme tanaman (Tiro *et al.*, 2017, hlm. 83–84). Logam timbal sulit larut dalam air, tetapi terdapat logam yang larut dalam air dalam bentuk ion-ion. Logam timbal dapat berbentuk ion yang terlarut dalam air kemudian melakukan penetrasi pada membran sel sehingga terjadi detoksifikasi dengan menimbun logam pada bagian akar agar tanaman tidak mati, tumbuhan yang terkontaminasi logam terjadi lokalisasi di organ vakuola agar metabolisme tumbuhan tidak terganggu (Priyanto dan Prayitno, 2004 dalam Masum & Purnomo, 2022, hlm. 279). Vakuola yang terkontaminasi logam tidak akan berhubungan dengan proses fisiologi karena jika logam masuk dalam sel dan kemudian terjadi pengikatan dengan enzim katalisator dapat mengganggu reaksi-reaksi kimia dalam sel tumbuhan (Irawanto & Mangkoedihardjo, 2015, hlm. 61). Selain itu Siswanto (2009 dalam Irawanto & Mangkoedihardjo, 2015, hlm. 61) menyatakan bahwa pada akar terjadi penyimpanan logam berat melalui pengendapan ekstraseluler yang disimpan pada dinding sel kemudian melalui jaringan pada akar berpindah ke korteks sampai ke endodermis yang berfungsi partial barrier pemindahan logam berat dari akar ke tunas. Tanaman memiliki pencegahan agar logam tidak mengganggu proses metabolisme, namun dalam jumlah yang banyak dapat menyebabkan terganggunya

berbagai proses dalam tanaman yang menyebabkan penyakit hingga kematian pada tanaman.

2. Mekanisme Penyerapan dan Translokasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Tubuh

Logam berat timbal (Pb) masuk ke dalam tubuh manusia di akibatnya adanya pencemaran lingkungan sehingga terjadi kontak langsung baik melalui pernapasan ataupun pencernaan. Kontaminasi timbal dalam tubuh dapat terjadi melalui pernapasan, konsumsi makanan dan minuman, namun sebagian logam akan dikeluarkan dari tubuh (Agustina, 2014, hlm. 59). Menurut Masuknya logam berat timbal (Pb) pada tubuh melalui saluran pencernaan yang masuk ke dalam usus dan aliran darah mempengaruhi sintesis haemoglobin dengan menghambat enzim utama (Putra, W. E. *et al.*, 2020, hlm. 843). Sekitar 95% logam timbal berikatan dengan eritrosit, dalam darah timbal memiliki waktu paruh sekitar 25 hari, pada jaringan lunak 40 hari dan pada tulang 40 hari, timbal dalam darah bersifat akumulatif dan sangat berbahaya meskipun tubuh menyerap logam timbal hanya sangat sedikit (Rosita & Mustika, 2019, hlm. 18). Pendistribusian logam timbal dalam tubuh manusia tergantung pada aliran darah yang mengalir ke berbagai jaringan, hampir 95% timbal disimpan pada tulang dalam bentuk fosfat tidak larut (Papanikolaou, 2005 dalam Jaishankar *et al.*, 2014, hlm. 67). Timbal yang berikatan dengan tulang tidak menyebabkan gejala sakit, namun dapat berbahaya jika terjadi absorpsi kalsium yang menyebabkan timbal keluar dari tulang (Ardillah, 2016, hlm. 152). Kontaminasi logam akan masuk ke dalam aliran darah dan menyebar ke seluruh tubuh, namun tubuh memiliki mekanisme pencegahan sehingga terjadi lokalisasi logam timbal (Pb) pada bagian tulang dan sisanya akan dikeluarkan dari tubuh.

F. Air Irigasi

Air merupakan komponen terpenting dalam kehidupan yang dibutuhkan oleh setiap makhluk hidup. Dalam berbagai aktivitas manusia maupun tumbuhan diperlukan air sebagai sumber energi. Untuk memenuhi kebutuhan manusia air dapat digunakan untuk minum, memasak, pertanian, industri dan lain sebagainya.

Kebutuhan air yang dipergunakan pada berbagai bidang perlu diketahui kualitas air untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan bidangnya. Menurut (Rohmawati *et al.*, 2016, hlm. 108) menyatakan bahwa secara umum kualitas air di dasarkan pada baku mutu dan kondisi air untuk kepentingan tertentu. Kualitas air berbeda-beda berdasarkan penggunaan air tersebut, kualitas air yang diperuntukan atau keperluan untuk irigasi berbeda dengan air yang dipergunakan untuk minum, budidaya perikanan dan lainnya, sehingga sehingga terdapat baku mutu untuk setiap air yang dipergunakan dalam suatu hal tertentu.

Parameter mutu air dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (2021) Nomor 22 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup untuk baku mutu air terbagi menjadi empat kelas sebagai berikut:

- 1) Kelas satu merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- 2) Kelas dua merupakan air yang yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu yang sama dengan kegunaan tersebut.
- 3) Kelas tiga merupakan air yang yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- 4) Kelas empat merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Berdasarkan peraturan pemerintah tersebut dapat diketahui keperluan air yang digunakan untuk perangan irigasi termasuk pada kelas ke empat. Irigasi merupakan upaya pemanfaatan air yang berasal dari permukaan dan air tanah untuk memenuhi kebutuhan pertanian (Takeda & Sosrodarsono 2003 dalam Saputra *et al.*, 2020, hlm. 257). Air irigasi dapat dari berbagai sumber yang dapat digunakan untuk pengairan pertanian, sumber air tidak menutup kemungkinan berasal dari limbah industri yang mengandung zat-zat kimia. Di daerah perkotaan sungai dapat menjadi lahan untuk membuang limbah industri, sementara air irigasi dapat bersumber dari sungai. Menurut Astuti (2014, hlm. 36) menyatakan bahwa irigasi memiliki tujuan yaitu memberikan tambahan air dalam jumlah yang cukup untuk kebutuhan tanaman.

Irigasi menjadi hal yang sangat penting dan dibutuhkan dalam bidang pertanian karena mengalirkan air yang menjadi kebutuhan utama untuk memenuhi nutrisi tanaman. Air yang dipergunakan untuk pertanian harus memenuhi baku mutu agar tidak membahayakan tanaman selain itu juga tidak membahayakan konsumen dari hasil pertanian. Air dapat menjadi sumber bahaya bagi tanaman sehingga terdapat kualitas air untuk air irigasi yang harus dipenuhi, tanaman dapat menyerap air serta zat terlarut yang terdapat di dalam air. Air yang mengandung zat terlarut berbahaya dapat tersimpan di dalam tanaman yang dapat berbahaya untuk dikonsumsi manusia. Menurut Saputra *et al.* (2020, hlm. 257) menyatakan bahwa kualitas air irigasi merupakan kesesuaian air untuk memenuhi kebutuhan tanaman yang tidak menimbulkan masalah, mengganggu pertumbuhan dan hasil panen.

Kebutuhan air irigasi merupakan volume atau jumlah air tertentu yang dibutuhkan untuk memenuhi tanaman pada evapotranspirasi dan kehilangan air dengan mempertimbangkan aspek lingkungan berupa air hujan dan air tanah, keberadaan air mempengaruhi pertumbuhan dan aktivitas fisiologis tanaman (Sari, 2019, hlm. 49). Dalam bidang pertanian kebutuhan air irigasi sangat diperhitungkan berdasarkan jenis tanaman, pada setiap jenis tanaman memiliki kebutuhan air yang berbeda-beda. Kelebihan dan kekurangan air pada tanaman dapat berdampak pada kondisi tanaman.

G. Tanah

Tanah menjadi salah satu komponen ekosistem yang penting untuk menjadi media tanam. Dalam rantai makanan bermula dari tumbuhan yang berperan sebagai produsen, hewan dan manusia memakan tumbuhan sebagai konsumen. Tumbuhan dapat hidup pada media yang mengandung bahan organik seperti tanah namun dengan karakteristik yang sesuai dengan tumbuhan seperti kaktus dapat tumbuh pada tanah berpasir atau kangkung air yang tumbuh pada tanah yang tergenang air. Dalam Pemerintah Republik Indonesia (2000) tentang Pengendalian Kerusakan Tanah Untuk Produksi Biomassa menyatakan yang dimaksud dengan “tanah adalah salah satu komponen lahan, berupa lapisan teratas kerak bumi yang terdiri dari bahan mineral dan bahan organik serta mempunyai sifat fisik, kimia, biologi dan mempunyai kemampuan menunjang kehidupan manusia dan makhluk

hidup lainnya”. Tanah digunakan sebagai media tanam di lahan pertanian untuk menghasilkan tanaman yang subur sebagai sumber makanan.

Menurut Tangahu (2011 dalam Khasanah *et al.*, 2021, hlm. 74) tanaman dapat menyerap dan mengakumulasi logam berat yang terkandung pada tanah. Pada dasarnya tanah terbentuk dari batuan sehingga memiliki kandungan mineral, tanah secara kimiawi sebagai penyuplai hara yang memiliki unsur logam yang bermanfaat seperti Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Cl, S, N, P, K, B (Pramessti *et al.*, 2018, hlm. 5659). Terdapat berbagai kandungan logam *nonessential* yang terkandung dalam tanah akibat dari kontaminasi yang disebabkan oleh manusia. Kontaminasi limbah industri dapat mencemari tanah sehingga tanah dapat mengandung logam berat yang berbahaya bagi makhluk hidup seperti logam berat timbal (Pb). Keberadaan logam berat dalam tanah dapat berpengaruh pada tanaman, terjadinya penyerapan zat-zat yang terkandung dalam tanah oleh tanaman. Rendahnya produktivitas pada lahan pertanian di Indonesia salah satunya diakibatkan kualitas tanah yang rendah (Dariah *et al.*, 2015, hlm. 67).

H. Sayuran Kangkung

Tanaman kangkung merupakan kelompok sayuran yang banyak ditanam oleh petani Indonesia, jenis tanaman yang termasuk mudah untuk ditanam dan dapat tumbuh di daerah mana saja yang lebab serta tidak banyak memerlukan perlakuan khusus pada pembudidayaanya. Kangkung menjadi salah satu tanaman yang memiliki adaptasi cukup luas terhadap keadaan iklim dan tanah pada wilayah tropis seperti Indonesia (Hapsari *et al.*, 2018, hlm. 32). Tanaman kangkung digemari masyarakat selain mudah ditemukan, kangkung mudah untuk diolah dan memiliki harga yang relatif murah sehingga banyak dijadikan sayur sebagai pendamping nasi.



Gambar 2. 2 Tanaman Kangkung

Sumber: Dokumen pribadi

1. Klasifikasi Kangkung Darat

Menurut Anggara (2009 dalam Utomo, 2019, hlm. 4) mengklasifikasikan tanaman kangkung darat sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Tracheophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub kelas	: Asteridae
Bangsa	: Solanales
Suku	: Convolvulaceae
Marga	: <i>Ipomea</i>
Jenis	: <i>Ipomea reptans</i> Poir.

2. Kandungan gizi pada Sayuran Kangkung

Tanaman kangkung yang banyak di konsumsi masyarakat memiliki banyak kandungan nutrisi. Kangkung sebagai sumber makanan memiliki kandungan gizi yang cukup banyak seperti vitamin A, vitamin B, vitamin C, zat besi, protein, lemak, karbohidrat, kalsium, kalium, fosfor, dan natrium (Febriyono et al., 2017, hlm. 22). Menurut Direktorat Gizi Depatemen Kesehatan RI,(1992 dalam Dharmayanto *et al.*, 2021, hlm. 70) menjelaskan mengenai kandungan yang terdapat pada tanaman kangkung setiap 100 gram sebagai berikut:

Kandungan nutrisi tanaman kangkung tiap 100g dapat memenuhi 29 kcal energi, 3 g protein, 0,3 g lemak, 5,4 g karbohidrat, 73 mg kalsium, 50 mg fosfor, 2,5 mg zat besi, 6.300 mg vitamin A, 0,07 vitamin B1, 32 mg vitamin C, 89 g air dan 70% BDD bagi tubuh.

3. Manfaat Tanaman Kangkung

Banyaknya kandungan gizi yang terdapat pada kangkung sehingga memiliki segudang manfaat bagi manusia yang mengkonsumsinya. Menurut Smith (2002) Kangkung memiliki manfaat untuk pengobatan dan pencegahan sembelit, sakit kepala, paru-paru basah, sulit tidur, sakit gigi, pendarahan kemih dan tinja, *otorrhea*, kapalan sedangkan kangkung juga memiliki beberapa manfaat untuk mengobati penyakit seperti kencing darah, keracunan makanan, mengurangi darah haid yang banyak, mimisan, wasir, insomnia dan anyang-anyangan (Lumbantobing *et al.*, 2018, hlm. 55).

I. Faktor Klimatik

Faktor klimatik terbagi menjadi dua yaitu fisika dan kimia, faktor fisika terdiri atas suhu udara dan faktor kimia berupa pH tanah dan intensitas cahaya.

1. Suhu Udara

Suhu udara atau lingkungan berperan dalam mengendalikan kondisi ekosistem. Suhu udara menjadi salah satu unsur iklim yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan taman pada proses fotosintesis, transpirasi, respirasi, penyerbukan, pembuahan dan keguguran buah (Herlina & Prasetyorini, 2020, hlm. 119). Suhu udara mempengaruhi tanaman untuk berbagai proses sehingga diperlukan suhu yang optimal agar tanaman dapat melakukan berbagai proses tersebut. Suhu optimal bagi tanaman yaitu ± 30 °C, semakin tinggi suhu udara maka akan meningkatkan laju respirasi tanaman sehingga daun memiliki kadar CO₂ yang tinggi (Dewanti, 2012 dalam Rifai & Puspitawati, 2022, hlm. 13). Perubahan suhu dapat terjadi karena adanya perubahan lingkungan yang dapat terjadi dari berbagai faktor seperti alamiah ataupun disebabkan oleh manusia. Perubahan suhu dapat terjadi karena adanya pencemaran, buangan limbah dapat memiliki suhu yang tinggi sehingga dapat mempengaruhi suhu lingkungan.

Suhu udara dapat mempengaruhi tanaman, suhu yang tinggi berpengaruh pada aktivitas fotosintesis. Suhu tinggi diatas optimal untuk tumbuhan dapat menyebabkan aktivitas fisiologi menurun yang berdampak pada inaktivasi enzim,

mengganggu keseimbangan fotosintesis dan respirasi hingga dapat menyebabkan kematian pada tanaman (Sopandie, 2014, hlm. 82).

Suhu udara yang merupakan faktor klimatik lingkungan dapat mempengaruhi penyerapan tanaman terhadap logam berat timbal (Pb). Secara umum suhu memiliki pengaruh terhadap komponen biotik dan abiotik, peningkatan suhu dapat menyebabkan proses masuknya logam berat dalam tubuh semakin meningkat dan semakin cepat membentuk ikatan antara protein dengan logam berat (Budiastuti *et al.*, 2016, hlm. 122). Pencemaran logam berat pada air irigasi yang kemudian terserap kedalam tanaman kangkung akan semakin banyak dengan suhu lingkungan yang tinggi. Suhu udara juga dapat berkaitan dengan curah hujan, ketika curah hujan meingkat dapat menyebabkan suhu menurun. Ketika musim hujan dengan suhu yang rendah logam yang terkandung dalam tanah menjadi lebih sedikit. Semakin sedikit air maka kadar bahan organik tanah penyerap logam berat semakin sedikit yang menyebabkan kadar logam berat semakin banyak (Sutedjo dan Kartasapoetra, 1991 dalam Nasir *et al.*, 2018, hlm. 90).

Tabel 2. 4 Baku Mutu Suhu Udara

Parameter	Satuan	Batas Maksimum/Baku Mutu
Suhu udara*	°C	20°C -30°C

Sumber : Sutan *et al.*, (2018, hlm. 75)

2. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya merupakan besaran pokok fisika dengan satuan kandela (Cd) yang memiliki fungsi untuk menghitung daya pancaran cahaya (Friadi & Junadhi, 2019, hlm. 31). Tanaman memerlukan cahaya matahari untuk melakukan fotosintesis yang dilakukan melalui penyerapan oleh daun yang kemudian hasilnya diedarkan keseluruh tubuh tumbuhan. Menurut Yustiningsih (2019, hlm. 45) menyatakan bahwa tanaman memerlukan cahaya matahari untuk fotosintesis pada reaksi terang dan siklus calvin yang masing-masing terjadi di tilakoid dan stomata. Intensitas cahaya merupakan faktor lingkungan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, tidak seluruh jenis tumbuhan membutuhkan intensitas cahaya yang sama untuk memenuhi kebutuhan pembuatan makanan. Menurut Ibrahim dan Hizqiyah (2013 dalam Rifai & Puspitawati, 2022, hlm. 13) menyatakan bahwa agar tanaman

melakukan fotosintesis secara maksimal diperlukan nilai optimal intensitas cahaya sebesar ± 32.000 Cd.

Cahaya matahari menjadi salah satu komponen terpenting selain air bagi tanaman untuk melakukan fotosintesis. Tanaman memerlukan cahaya matahari untuk melakukan fotosintesis namun tidak seluruh tanaman memerlukan intensitas cahaya yang sama, produktivitas tanaman salah satunya dipengaruhi oleh cahaya matahari (Yustiningsih, 2019, hlm. 44-45). Menurut Pratomawati (2010 dalam Fascavetri *et al.*, 2018, hlm. 193) suhu dan intensitas cahaya yang semakin tinggi menyebabkan meningkatnya proses fotosintesis. Intensitas cahaya dengan suhu saling berkaitan, intensitas cahaya tinggi dapat menyebabkan suhu udara naik sehingga logam berat seperti timbal dapat mudah masuk ke dalam tubuh tanaman melalui penyerapan. Intensitas cahaya yang rendah menyebabkan stomata tertutup sehingga proses fotosintesis berlangsung lambat (Wulandari *et al.*, 2016, hlm. 78). Kandungan logam timbal yang terdapat pada permukaan tanaman dapat menyebabkan berkurangnya klorofil daun (Erdayanti *et al.*, 2015, hlm. 80).

Tabel 2. 5 Baku Mutu Intensitas Cahaya

Parameter	Satuan	Batas Maksimum/Baku Mutu
Intensitas cahaya	-	4305,56-8611,13

Sumber : Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Bandung dalam Fadhlillah *et al.* (2019, hlm. 170)

3. pH Tanah

pH (*Power of Hydrogen*) merupakan derajat keasaman atau kebasahan suatu larutan yang digambarkan dengan skala 0 sampai 14. Menurut Suastawan *et al.*, (2016, hlm. 45) menyatakan bahwa derajat keasaman tanah adalah besaran aktifitas dari ion H^+ dan dinyatakan sebagai $-\log H^+$, pertumbuhan dan perkembangan dipengaruhi keasaman tanah secara langsung dengan adanya ion hidrogen dan tidak langsung adanya unsur hara dan racun. pH pada tanah sama dengan air yaitu asam memiliki $pH \leq 6,5$; netral memiliki $pH 6,5 - 7,5$; basa memiliki $pH \geq 7,5$ (Gelyaman, 2018, hlm. 15). Kondisi tanah dapat mempengaruhi kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman, setiap tanaman membutuhkan kondisi yang sesuai untuk mendapatkan nutrisi serta tidak terpengaruh oleh zat lain yang menjadi pencemar. Penurunan nilai pH tanah dapat diakibatkan adanya pencemaran logam

berat pada tanah sehingga menjadi lebih asam (Napitupulu, 2008 dalam Khasanah *et al.*, 2021. hlm. 74).

pH tanah menjadi salah satu faktor klimatik yang dapat mempengaruhi tanaman. Keasaman berpengaruh pada perkembangan dan pertumbuhan, pengaruh secara langsung berupa keberadaan hidrogen sementara pengaruh secara tidak langsung berupa unsur hara dan unsur beracun (Saputra *et al.*, 2020, hlm. 45). pH tanah menentukan cepat dan lambat pertumbuhan tanaman, mudah tidaknya ion unsur hara diserap tanaman dan menunjukkan keberadaan unsur bersifat racun bagi tanaman, pada pH 6-7 unsur hara mudah larut dalam air sehingga mudah diserap oleh tanaman (Karamina *et al.*, 2017, hlm. 430). Menurut Sutan *et al.* (2018, hlm. 73) suhu optimal untuk tanaman kangkung yaitu 20°C -30°C sedangkan pH berkisar 5,5-6,5. pH tanah menjadi salah satu penentu kualitas tanah dengan menunjukkan konsentrasi ion H⁺, untuk tanah pertanian umumnya pH antara 4 sampai 8 (Jayadi, 2015, hlm. 22). Sedangkan untuk intensitas cahaya untuk tanaman kangkung berkisar 4305,56-8611,13 (Fadhilillah *et al.*, 2019, hlm. 170)

pH tanah rendah toksisitas logam berat semakin meningkat, sedangkan pH tanah tinggi toksisitas logam berat semakin menurun (Kasan, 2015 dalam Nasir *et al.*, 2018, hlm. 92). Tingginya kandungan timbal dalam tanah dapat menyebabkan pH tanah rendah begitu juga sebaliknya, kandungan logam berat timbal (Pb) rendah dapat menyebabkan pH tinggi ini terjadi karena logam berat mengalami pengendapan.

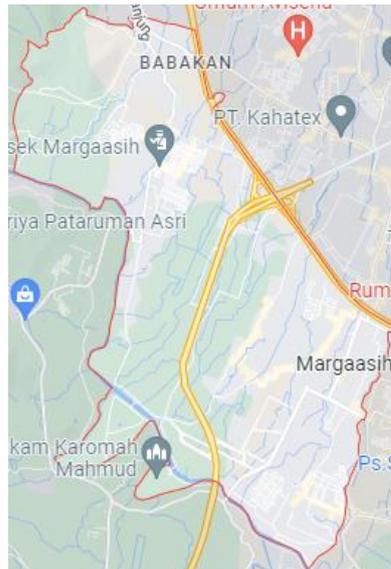
Tabel 2. 6 Baku Mutu pH Tanah

Parameter	Satuan	Batas Maksimum/Baku Mutu
pH tanah	-	5,5-6,5

Sumber : Sutan *et al.*, (2018, hlm. 73)

J. Lokasi Penelitian

Kecamatan Margaasih terletak di Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat, Indonesia merupakan lokasi pada penelitian ini. Menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Bandung (2016) menyebutkan bahwa wilayah Kecamatan Margaasih memiliki luas 18,35 km². Kecamatan Margaasih menjadi penghubung antara kota Cimahi dengan Soreang.



Gambar 2. 3 Kecamatan Margaasih Kabupaten Bandung

Sumber: Google maps

Kecamatan Margaasih terdiri dari wilayah pemukiman penduduk, perindustrian dan pertanian. Wilayah pertanian salah satunya terdapat di Jalan Peuris, yang terdapat pertanian sayur seperti kangkung, sawi hijau, selada, dan bayam. Hasil dari pertanian di distribusikan ke pasar Induk Caringin dan daerah sekitarnya. Pertanian pada wilayah ini menggunakan sistem pengairan irigasi yang disalurkan pada setiap petakan lahan. Lokasi penelitian berada di pertanian sayur kangkung yang terletak di Jalan Peuris Kecamatan Margaasih Kabupaten Bandung.

Penelitian ini berfokus pada lahan pertanian sayuran kangkung yang dibagi menjadi tiga plot dalam satu petakan lahan pertanian dengan mempertimbangkan aliran air irigasi pada lahan. Pada lahan pertanian kangkung terdapat lima gundungan tanah dengan diselingi aliran air irigasi pada setiap sisinya. Lokasi I atau plot I dalam hasil pengamatan memiliki jarak terdekat dengan lokasi sumber air irigasi dan berhubungan langsung antara sumber air irigasi dan lahan pertanian atau pintu aliran irigasi pada lahan. Lokasi II atau plot II dalam hasil pengamatan merupakan lokasi yang menjadi titik tengah lahan sayuran kangkung. Lokasi III atau plot III dalam hasil pengamatan secara langsung memiliki jarak terjauh dari sumber aliran air irigasi.

K. Instrument *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS)

Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) merupakan teknik yang digunakan untuk tujuan analisis, banyak digunakan dilaboratorium untuk meneliti makanan, lingkungan, farmasi minyak bumi dan lainnya (Ferreira *et al.*, 2018, hlm. 1). Teknik ini dapat menguji kandungan logam yang terdapat pada suatu bahan dengan spesifik. Analisis dari uji suatu sampel memberikan kadar total unsur logam dan tidak bergantung pada bentuk molekul logam, memiliki kepekaan yang tinggi batas deteksi kurang dari 1 ppm (Sukandi 2007 dalam Yusuf *et al.*, 2016, hlm. 59).

L. Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 7 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	Fajriah Fajriah, Zulfadli, & Nasir (2017)	Analisis Kadar Logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Tanaman Kangkung (Ipomoea aquatica) Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	Desa Limpok dan Desa Turam	Pengambilan sampel menggunakan Teknik <i>Purposive Sampling</i> , analisis sempel menggunakan metode Spektrofotometer serapan atom (SSA)	Hasil penelitian ini menunjukkan konsentrasi logam timbang (Pb) dibawah ambang batas maksimum yang ditetapkan Standar Nasional Indonesia.	Menggunakan meode pengambilan sampel purposive sampling dan analisis logam berat menggunakan Spektrofotometer serapan atom (SSA)	Lokasi penelitian
2.	F. O. Akande dan S. A.	<i>Assessment of Heavy Metals Level in Soil and Vegetables</i>	Osun State, Southwestern part of Nigeria	Analisis sampel menggunakan metode Spektrofotometer	Hasil penelitian ini menunjukkan logam berat Cd, Cu, Pb dan Zn	Metode analisis yang digunakan berupa Spektrofotometer	Lokasi penelitian dan jenis tanaman.

	Ajayi (2017)	<i>Grown in Peri-Urban Farms around Osun State and the Associated Human Health Risk</i>		serapan atom (SSA)	memiliki konsentrasi yang cukup besar pada sayuran. Sedangkan pada tanah konsentrasi Arsenik dibawah ambang batas pada semua tanah.	serapan atom (SSA)	
3.	S. Sylvain Rouamba, Filbert Guira, Filbert Nikiema, Assama Sawadago, Lassana Sangare, Elie Kabre	<i>Lead and cadmium contamination level in irrigation water and lettuce (Lactuca sativa L) from market gardening sites of</i>	Tanghin, Bissigin, Boulmiogou and ENSP market gardening	Analisis sampel menggunakan metode Spektrofotometer serapan atom (SSA)	Hasil penelitian ini menunjukkan selada terkontaminasi timbal dan cadmium dari air irigasi, tingkat kontaminasi melebihi rekomendasi FAO dan WHO.	Analisis logam berat menggunakan Spektrofotometer serapan atom (SSA)	Lokasi penelitian dan sayur yang di uji.

	dan Aly Savadogo (2021)	<i>Ouagadougou, Burkina Faso</i>					
--	-------------------------	----------------------------------	--	--	--	--	--

Dari penelitian terdahulu tersebut dapat menjadi acuan untuk melakukan penelitian selanjutnya. Banyak dari hasil penelitian memiliki kandungan logam berat yang melebihi ambang batas yang diperbolehkan, hal tersebut dapat menimbulkan permasalahan kesehatan. Penggunaan metode yang sama untuk melakukan pengujian logam berat yang terdapat pada air, tanah dan sayuran.

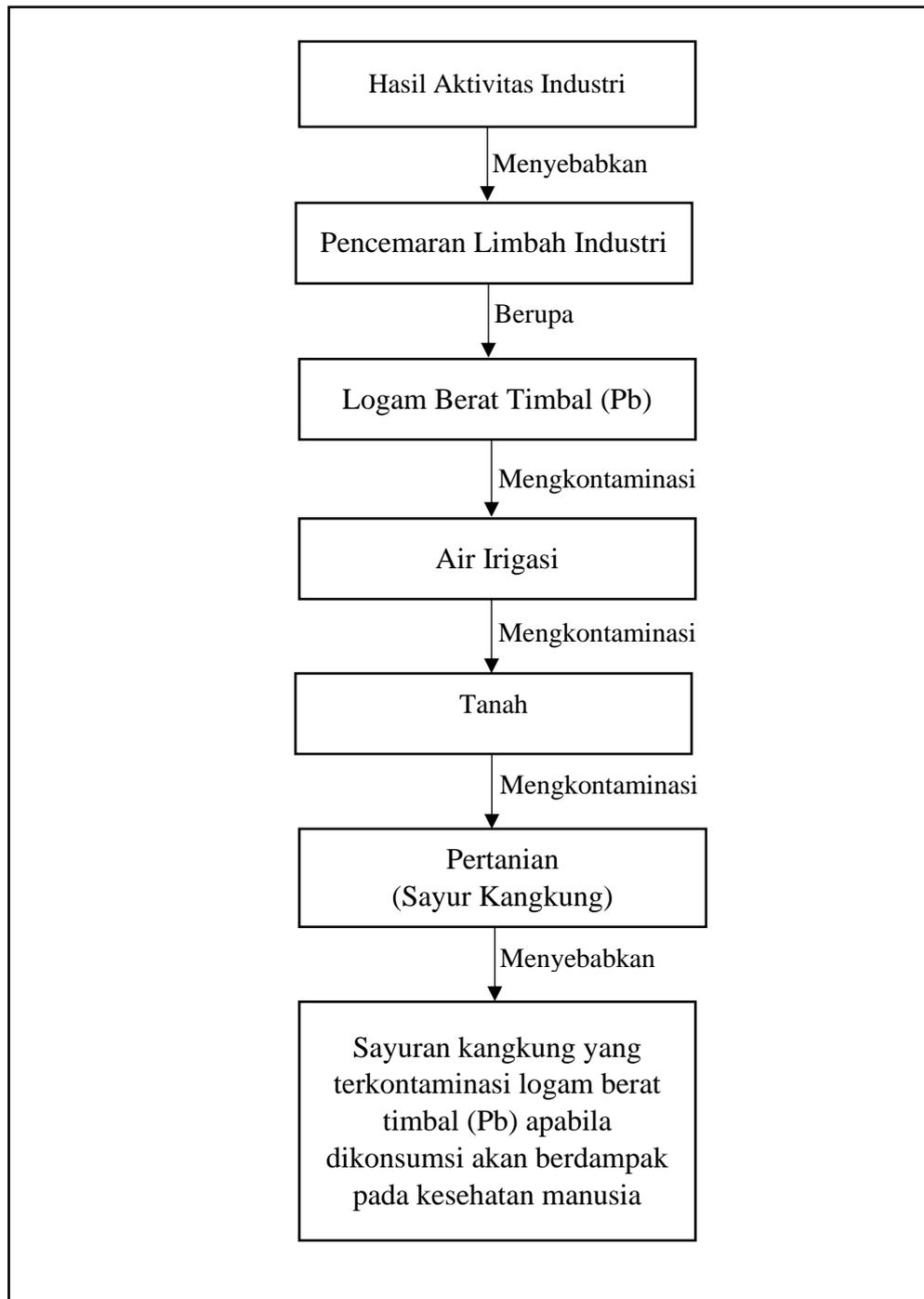
M. Kerangka Pemikiran

Kecamatan Margaasih yang merupakan salah satu kawasan yang terdapat aktivitas industri. Kawasan tersebut merupakan pemukiman penduduk dan pertanian. Hasil aktivitas industri menyebabkan pencemaran akibat limbah industri. Aktivitas industri inilah yang menjadi penyebab adanya pencemaran lingkungan, pencemaran yang terjadi berupa logam berat. Memiliki kemungkinan aktivitas industri tersebut mengandung logam berat berupa timbal (Pb) karena merupakan industri. Logam berat timbal (Pb) pada dasarnya muncul karena banyaknya industri yang menggunakan bahan kimia yang di buang pada saluran air irigasi. Pencemaran lingkungan akibat dari aktivitas industri menjadi salah satu permasalahan bagi masyarakat sekitar. Air irigasi yang telah tercemar dipergunakan untuk menyirani tanaman pada lahan pertanian, tanaman pertanian berupa sayuran kangkung. Terdapat kemungkinan sayuran kangkung mengandung logam berat timbal (Pb). Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Yusuf, M. *et al.* (2016, hlm. 60) bahwa kandungan logam timbal (Pb) pada kangkung melebihi batas maksimum sehingga masuk dalam kategori tidak aman untuk di konsumsi. Tidak menutup kemungkinan sayuran kangkung pada Kecamatan Margaasih tercemar oleh berbagai logam berat.

Logam berat yang terdapat pada air irigasi dapat masuk kedalam sayuran kangkung melalui penyerapan air oleh akar. Logam timbal (Pb) dapat terserap oleh akar jika logam tersebut terlarut dalam air. Seperti yang disebutkan oleh Juhri (2017, hlm. 221) logam berat terdapat pada perairan yang menjadi habitat bagi sayuran akan menyebabkan logam berat terserap kedalam organ tumbuhan. Terjadinya penyerapan oleh tumbuhan, hal tersebut menunjukkan adanya logam berat pada air irigasi akan menyebabkan akumulasi logam berat pada sayuran pertanian.

Dari temuan yang telah tersebut maka logam berat hasil dari pencemaran limbah mampu menurunkan kualitas/mutu air irigasi dan sayuran. Sayur yang merupakan salah satu sumber makanan bagi manusia dan hewan dapat menjadi media perpindahan logam ke dalam tubuh makhluk hidup (Erdayanti *et al.*, 2015, hlm. 76). Sayuran kangkung yang terkontaminasi logam berat jika dikonsumsi dapat menimbulkan masalah kesehatan. Menurut Astawan (2005 Rinawati &

Sofiatun, 2018, hlm. 170) menyatakan bahwa logam berat dalam tubuh dalam jangka panjang dapat menimbulkan gangguan saraf, kelumpuhan, kematian dan penurunan kecerdasan.



Gambar 2. 4 Alur Kontaminasi Logam Berat Timbal (Pb)
Sumber: Dokumen Pribadi

N. Keterkaitan Hasil Penelitian dengan Pembelajaran Biologi

Penelitian ini memiliki implikasi dengan dunia pendidikan disekolah pada pembelajaran biologi khususnya jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA). Penelitian ini menyajikan secara faktual mengenai indikasi pencemaran lingkungan pertanian atau sawah akibat keberadaan limbah industri yang mengandung kontaminan berbahaya yaitu logam berat yang dapat berpengaruh pada hasil pertanian, hal ini berkaitan dengan materi biologi perubahan lingkungan. Pertanian atau sawah merupakan ekosistem buatan yang merupakan salah satu kajian materi biologi di Sekolah Menengah Atas (SMA). Menyajikan data-data faktor klimatik lingkungan pertanian yang mempengaruhi tanaman berupa faktor klimatik ekosistem yaitu suhu udara, intensitas cahaya dan pH tanah serta data kandungan logam timbal pada air irigasi, tanah dan sayuran kangkung. Hasil penelitian ini dapat dikaitkan dengan pembelajaran biologi yang menjadi contoh bagi peserta didik terkait perubahan lingkungan akibat pencemaran berupa pencemaran logam berat.

Hasil penelitian ini berkaitan dengan kurikulum 2013 kelas X pembelajaran biologi tingkat sekolah menengah atas (SMA) pada Kompetensi Dasar (KD) 3.11 yaitu “menganalisis data perubahan lingkungan, penyebab, dan dampaknya bagi kehidupan” dan 4.11 yaitu “merumuskan gagasan pemecahan masalah perubahan lingkungan yang terjadi di sekitar”. Data hasil penelitian dapat menjadi rujukan yang relevan dan faktual untuk menunjang pembelajaran biologi sebagai bahan ajar.