

BAB II

TINJAUAN TEORI PENCEMARAN LINGKUNGAN, LOGAM BERAT, AIR IRIGASI, TANAH DAN SAYURAN KANGKUNG

A. Industri

Industri ini dapat diklasifikasikan ke dalam lingkup mikro dan makro. Di sektor mikro, industri didefinisikan sebagai sekumpulan perusahaan yang memproduksi barang-barang yang homogen atau dapat disubstitusikan secara dekat, sedangkan di sektor makro itu adalah kegiatan ekonomi yang menciptakan nilai tambah (Hasibuan 1996 dalam Hendro Ekwarso & Hilmah Zuryani, 2017, hlm 50-51). Industri merupakan suatu kegiatan produksi yang mengubah produksi bahan mentah menjadi barang setengah jadi atau barang jadi, atau kegiatan yang dapat mengubah keadaan barang dari suatu tingkat ke tingkat lain, mulai dari peningkatan harga atau kegunaan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat (Riky Eka Putra, 2012, hlm 49). Industri merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Selain itu, industrialisasi tidak lepas dari upaya peningkatan kualitas sumber daya manusia dan pemanfaatan sumber daya alam secara optimal (Putri Wahyuni Arnold *et al.*, 2020, hlm 33).

B. Pencemaran lingkungan

1. Pengertian pencemaran lingkungan

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Bab I Pasal 1 ayat 14 menjelaskan bahwa “Pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan”. Pencemaran lingkungan merupakan masalah yang tak terhindarkan. Pencemaran berdampak negatif pada kehidupan. Salah satu dari pencemar yang penting untuk menarik pertanian yaitu sumber aktivitas manusia adalah logam berat (Widowati *et al.*, 2015, hlm 1). Pencemaran logam berat dari kegiatan manusia seperti kegiatan industri, pertambangan, pertanian dan rumah tangga. Pencemaran logam berat dari sumber manapun

menawarkan pencemaran logam berat ini di lingkungan termasuk habitat sayuran. Sayuran dikenal sebagai tanaman yang mudah tumbuh di lingkungan yang tercemar (Widowati *et al.*, 2015, hlm 2). Air, udara, dan tanah yang tercemar dapat berarti bahwa semua organisme di lingkungan dapat menyerap dan mengakumulasi logam berat. Logam-logam ini dapat menyerang tubuh manusia melalui sayuran seperti kangkung (Fajriah *et al.*, 2017, hlm 155-156).

2. Jenis-jenis pencemaran lingkungan

Rofik & Mokhtar (2021, hlm 103-104) menjelaskan mengenai jenis-jenis pencemaran lingkungan sebagai berikut:

a. Pencemaran Udara

Pencemaran udara tidak selalu dikarenakan oleh ulah manusia. Pencemaran udara bisa juga disebabkan oleh kejadian alam misalnya gunung meletus. Hasil dari letusan gunung berapi tersebut membawa partikel-partikel logam yang berbahaya. Akan tetapi, penyebab utama pencemaran udara di Indonesia biasanya terjadi akibat polusi kendaraan bermotor roda dua, tiga dan juga empat....

b. Pencemaran Air

Air yang bersih adalah air yang tidak berbau dan juga tidak berwarna. Sehingga jika ditemui air yang berbau, berwarna dan juga terdapat biota yang mati di dalamnya, air tersebut terindikasi sudah tercemar....

Pencemaran air irigasi ini diakibatkan oleh pembuangan limbah cair. Jika air yang tercemar digunakan sebagai sumber irigasi untuk lahan pertanian, maka akan menimbulkan akibat langsung maupun tidak langsung yang mempengaruhi hasil produksi pertanian (Arieyanti Dwi Astuti, 2014, hlm 36). Air tidak dapat dipisahkan dari bidang pertanian. Karena tanpa air, pertanian tidak ada artinya. Peningkatan pencemaran air yang terus meningkat akan menyebabkan utama penurunan kualitas air (Diliarosta, 2018, hlm 29).

c. Pencemaran Tanah

Suatu tanah dapat dikatakan telah tercemar saat tanah itu tidak dapat lagi digunakan untuk kebutuhan manusia. Kebutuhan yang dimaksud contohnya bercocok tanam. Selain itu, tanah yang gersang juga salah satu ciri tanah yang sudah tercemar. Penyebab dari pencemaran tanah, yaitu: (1) Senyawa asam, (2) Pestisida berlebih, (3) Pupuk kimia, (4) Limbah industri, (5) pabrik dan

juga nuklir, (6) Limbah rumah tangga seperti deterjen (Rofik & Mokhtar, 2021, hlm 104) (Rofik & Mokhtar, 2021).

C. Logam berat

1. Pengertian logam berat

Logam berat digunakan sebagai bahan baku dan bahan penolong di banyak industri (Syahirah Citra Andini, 2021, hlm 21). Logam berat merupakan salah satu unsur logam yang paling berat molekul tinggi, lebih dari 5g/cm^3 (Connell & Miller 2006 dalam Widowati et al., 2015, hlm 1).

Logam berat dapat menyerang tubuh manusia melalui mulut, seperti makanan terkontaminasi dengan alat masak, tempat (minuman/makanan kaleng) dan pernafasan dari asap pabrik dan pembuangan limbah industri (Agustina, 2014, hlm 54). Menurut Nordber 1986 dalam Yudo 2006 dalam Witianty Putri Aprilia (2021, hlm 5) menjelaskan bahwa “ Jika logam berat telah diserap oleh tubuh manusia maka tidak dapat dimusnahkan, hanya dapat keluar melalui ekskresi”. Logam berat seperti kadmium, nikel, tembaga dan kromium dapat memiliki efek sangat berbahaya pada organisme hidup. Logam berat dapat masuk ke dalam rantai makanan terutama ikan dan tumbuhan-tumbuhan cenderung mengambil logam berat yang terlarut dalam air. Logam berat terakumulasi di akar dan berpindah ke area yang dapat dikonsumsi manusia seperti sayuran dan buah-buahan (Kurniawan & Redha, 2021, hlm 26)

2. Sifat-sifat logam berat

Menurut Sutamihardja 2006 dalam Adhani & Husaini (2017, hlm 16) menjelaskan mengenai sifat logam berat yang dapat membahayakan lingkungan dan manusia sebagai berikut:

- a. Tidak mudah didegradasi, akibatnya akan terakumulasi dalam lingkungan;
- b. Mudah terakumulasi dalam sedimen, sebagai akibatnya konsentrasi selalu lebih tinggi daripada konsentrasi logam pada air;
- c. Logam berat bisa terakumulasi pada tubuh organisme & konsentrasi bisa semakin tinggi, atau bisa mengalami bioakumulasi dan biomagnifikasi.

3. Macam-macam logam berat

Logam berat dibedakan menjadi dua yaitu logam berat esensial dan logam berat non esensial sebagai berikut :

- a. Logam berat esensial adalah logam berat yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah tertentu dan dapat menjadi racun jika jumlahnya berlebihan (Moch. Syaifullah *et al.*, 2018, hlm 70).
- b. Logam berat non esensial adalah logam berat yang berada pada tubuh belum diketahui keuntungannya bahkan bisa bersifat racun (Anggraeni & Triajie, 2021, hlm 177).

D. Logam berat Nikel (Ni)

Logam berat nikel (Ni) adalah sebuah unsur transisi menggunakan angka atom 28 & berat 58,69 g/mol (Zul Arham. *et al.*, 2016, hlm 10). Nikel merupakan logam yang tahan terhadap korosi dan oksidasi pada suhu tinggi, sehingga dapat digunakan untuk membuat baja tahan karat (Sari Lisa Puspita, 2021, hlm 19). Menurut Sukandarrumidi 2009 (Witianty Putri Aprilia, 2021, hlm 12) menjelaskan mengenai logam berat nikel sebagai berikut:

Nikel adalah logam yang cukup keras, berwarna putih mengkilat. Nikel dalam kerak bumi terdapat <0,002%. Kandungan Ni yang terdapat dalam limbah yang dibuang menyebabkan tanah, air, dan tanaman menjadi terkontaminasi. Kadar nikel dalam tanah bisa mencapai 5 hingga 500 ppm, sedangkan kadar nikel pada air tanah mencapai 0,005 hingga 0,05 ppm dan kadar nikel dalam tumbuhan <1 ppm.

Nikel dalam konsentrasi minimum dibutuhkan untuk tubuh manusia, tetapi jika melebihi batas dapat berbahaya bagi manusia (Kurniawan & Redha, 2021, hlm 26). Nikel dalam jumlah kecil pada manusia dikenal sebagai nutrisi penting untuk beberapa mikroorganisme, tumbuhan dan spesies hewan. Nikel sangat penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang tepat dan memainkan peran penting dalam berbagai fungsi morfologi dan fisiologis, termasuk perkecambahan biji dan produktivitas benih (Genchi *et al.*, 2020, hlm 1). Nikel jika masuk ke dalam tubuh manusia dalam jumlah tinggi dapat menyebabkan asma kronis, dermatitis dan kanker paru-paru (Kurniawan & Redha, 2021, hlm 26). Selain itu bisa menyebabkan kanker hidung, kanker laring, kanker prostat, gangguan fungsi ginjal, bronkitis kronis saat lahir dan merusak hati (Frederica & Diky, 2016, hlm 19).



Gambar 2.1 Logam Berat Nikel (Ni)
Sumber: id.wikipedia.org

E. Pencemaran logam berat nikel (Ni)

1. Logam berat nikel (Ni) pada air

Logam berat nikel (Ni) dapat mencemari air irigasi, air laut, sungai dan waduk. Menurut Sari Lisa Puspita (2021, hlm 23) menjelaskan bahwa “Senyawa yang mengandung nikel juga ada didalam air berasal dari mineral, industri logam, hasil pembakaran yang selanjutnya masuk ke dalam air. Nikel didalam air telah lama diperkirakan tidak memiliki efek racun, tetapi studi terakhir dilakukan terhadap kehidupan air menunjukkan bahwa nikel memiliki efek racun”. Adapun baku mutu kandungan logam berat nikel (Ni) dalam air irigasi menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup sebagai berikut:

Tabel 2.1 Baku Mutu Kandungan Logam Berat Nikel (Ni) pada Air

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
Nikel (Ni)	mg/L	0,1

Sumber: Pemerintah Republik Indonesia (2021)

2. Logam berat nikel (Ni) pada tanah

Pelepasan logam berat nikel pada lingkungan dapat berbahaya sehingga logam berat akan masuk melalui jaringan akar dan akar (Sari, 2020, hlm 23). Kehadiran logam berat di tanah memiliki efek mendalam pada produksi tanaman dan kesehatan manusia dan hewan. Tanaman yang tumbuh di tanah yang terkontaminasi nikel dapat mengakumulasi nikel di semua bagian

tanaman. Logam nikel yang terkandung dalam tumbuhan menginvasi tubuh hewan dan manusia selama proses pencernaan, sehingga logam nikel dapat terakumulasi dalam tubuh hewan dan manusia (Zulaehah *et al.*, 2020). Adapun baku mutu kandungan logam berat nikel (Ni) dalam tanah menurut buku konservasi tanah tentang teknologi pengendalian pencemaran logam berat pada lahan pertanian sebagai berikut:

Tabel 2.2 Baku Mutu Kandungan Logam Berat Nikel (Ni) pada Tanah

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
Nikel (Ni)	Ppm	20

Sumber: Buku Konservasi Tanah Tentang Teknologi Pengendalian Pencemaran Logam Berat Pada Lahan Pertanian

3. Logam berat nikel (Ni) pada sayuran

Pencemaran logam berat di daerah pertanian dapat disebabkan oleh kegiatan pertanian dan non pertanian yang dapat menyebabkan pencemaran logam berat terhadap lingkungan dan tanaman (Anindityo *et al.*, 2021, hlm 15). Logam berat dapat masuk ke dalam tanaman kangkung sebagai akibat dari pencemaran air, udara dan tanah (Juwairiah, 2021, hlm 6). Adapun baku mutu kandungan logam berat nikel (Ni) dalam sayuran menurut buku konservasi tanah tentang teknologi pengendalian pencemaran logam berat pada lahan pertanian sebagai berikut:

Tabel 2.3 Baku Mutu Kandungan Logam Berat Nikel (Ni) pada Sayuran Kangkung

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
Nikel (Ni)	Ppm	5-30

(Sumber: Buku Konservasi Tanah Tentang Teknologi Pengendalian Pencemaran Logam Berat Pada Lahan Pertanian)

F. Mekanisme penyerapan dan translokasi logam berat pada tanaman

Akumulasi logam berat juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain fisiologi sifat jenis tumbuhan dan akar, batang, daun, kondisi tanah (pH dan kandungan nutrisi), faktor biologis dan abiotik (suhu, kelembaban, sinar matahari, curah hujan) (Widyasari, 2021, hlm 21). Menurut Dwityaningsih *et*

al. (2019, hlm 52-53) menjelaskan mengenai mekanisme penyerapan dan penimbunan logam berat oleh tanaman adalah sebagai berikut:

1. Penyerapan oleh akar tanaman.

Pada saat tumbuhan menyerap bahan pencemar, bahan pencemar tersebut harus dalam bentuk larutan agar dapat diserap oleh akar tanaman. Senyawa yang larut dalam air diserap oleh akar bersama dengan air, dan senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan tanaman itu sendiri.

2. Translokasi logam dari akar ke bagian lain dari tanaman

Dalam proses ini, kontaminan menembus lapisan endodermium akar tanaman dan kemudian diangkut ke bagian lain dari tanaman melalui jaringan pengangkut (xilem dan floem) di puncak tanaman

3. Lokalisasi logam dalam sel dan jaringan

Selama proses ini, tanaman berusaha mencegah keracunan logam di dalam selnya dengan cara mengumpulkan logam di beberapa organ seperti akar agar tidak menghambat metabolisme tanaman.

G. Sayuran kangkung

Kangkung darat juga merupakan salah satu sayuran hijau yang dapat tumbuh di segala kondisi lingkungan, termasuk tanah, rawa dan air. Kangkung tidak hanya digunakan sebagai sayuran olahan, tetapi juga biasa digunakan sebagai pakan ikan dan hewan. Kangkung diklasifikasikan menjadi dua jenis : kangkung air (*Ipomoea Aquatica Forsk*) dan kangkung darat (*Ipomoea reptans Poir*) (Yustina Wuri Wulandari, 2019, hlm 84). Sayuran kangkung darat (*Ipomea reptans*) merupakan salah satu konsumsi yang sangat disukai oleh masyarakat dan memiliki harga yang murah. Selain itu, Kangkung darat merupakan sayuran yang sangat digemari karena banyak dibudidayakan oleh masyarakat untuk konsumsi keluarga dan penjualan ke pasar (Yuliana & Sujarwanta, 2021, hlm 47). Sayuran kangkung memiliki kandungan berupa vitamin, karbohidrat, mineral dan serat yang berfungsi untuk memperlancar pencernaan (Ayis Dwi Dharmayanto *et al.*, 2013, hlm 70). Selain itu, menurut Abidin *et al.*, 1990 dalam Wibowo & Sitawati (2017, hlm 149) mengatakan bahwa “Kandungan vitamin dan mineral yang terdapat pada kangkung terdiri

dari 89,7 gram air; 3,0 gram protein; 0,3 gram lemak ; 5,4 gram karbohidrat, 29 mg kalori; 73 mg kalsium; 50 mg potassium; 2,5 mg besi, 32 mg vitamin C ; 6300 s.l vitamin A dan 0,07 mg vitamin B”. Oleh karena itu, kebersihan dan keamanan sayuran yang dikonsumsi sangat penting agar tidak membahayakan kesehatan. Namun, banyak sayuran yang beredar di masyarakat tidak aman karena terkontaminasi logam berat nikel seperti sayuran yang ditanam di kawasan industri (Yuliana & Sujarwanta, 2021, hlm 47).

1. Klasifikasi tanaman kangkung darat (*Ipomea reptans*)

Menurut Iskandar (2018, hlm 247) sayuran kangkung darat (*Ipomoea reptans*) diklasifikasikan sebagai berikut:

Kindom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivisio	:Spermatophyta
Divisio	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliapsida
Sub kelas	: Asteridae
Ordo	: Solanales
Famili	: Convolvaceae
Spesies	: <i>Ipomoea reptans</i> Poir.



Gambar 2.2 Kangkung Darat
sumber: <https://distan.bulelengkab.go.id/>

2. Manfaat Kangkung

Selain sebagai sayuran dengan berbagai rasa yang enak dan menarik, kangkung juga dapat digunakan sebagai obat tradisional yang efektif tanpa efek samping, selain itu berkhasiat menyembuhkan kapalan, bengkak, mimisan, pendarahan, wasir, sakit gigit, sembelit. Kangkung juga bisa dijadikan obat tidur karena menenangkan saraf, zat besi dalam kangkung sangat membantu pertumbuhan tubuh (Utari, 2018, hlm 14).

H. Tanah

Tanah dapat didefinisikan sebagai benda alam yang terbentuk dari interaksi iklim, logam dasar, medan, organisme, dan waktu. Tanah juga mengandung media yang mendukung pertumbuhan tanaman dan menyediakan oksigen dan nutrisi ke akar tanaman (Zannah *et al.*, 2021, hlm 45). Tanah merupakan bagian terpenting dari sumber daya alam umat manusia, juga merupakan sumber kehidupan masyarakat dan tidak hanya sebagai tempat tinggal, tetapi juga digunakan untuk menghasilkan pendapatan dari hasil bercocok tanam dari tanah lain. dapat digunakan sebagai nilai ekonomi (Ramadhani, 2021, hlm 857).

Tanah yang subur adalah tanah dengan tingkat kesuburan kimia yang baik, seperti keasaman tanah netral (pH tanah) dan kadar hara tanah yang tersedia untuk pertumbuhan tanaman (cukup) (Almiati, 2017, hlm 131). Kehadiran logam berat di tanah memiliki efek mendalam pada produksi tanaman dan kesehatan manusia dan hewan. Tanaman yang tumbuh di tanah yang terkontaminasi nikel mengakumulasi nikel di semua bagian tanaman (Zulaehah *et al.*, 2020, hlm 263).

I. Air irigasi

Air merupakan sumber kehidupan bagi makhluk hidup terutama bagi manusia, hewan dan tumbuhan (Syamsul Arifin, 2021, hlm 75). Air memiliki wujud bisa seperti cairan, es dan uap/gas. Air juga dapat dimanfaatkan untuk keperluan irigasi (Sari, 2019, hlm 47).

Irigasi merupakan saluran air yang berfungsi untuk menyalirkan air dari waduk ke petak-petak lahan, untuk memenuhi kebutuhan air sayuran yang ditanam di lahan. Air merupakan suatu faktor penentu dalam produksi pertanian. Sehingga investasi di bidang irigasi menjadi sangat penting untuk pertanian (Sari, 2019, hlm 47). Sumber irigasi bisa berupa air bagian atas dan air tanah. Sumber air irigasi mencakup dari sungai, waduk, dan danau (Rohmawati et al., 2018, hlm 108). Astuti (2014, hlm 36) mengatakan bahwa “Sumber air permukaan sampai saat ini masih menjadi andalan dalam penyediaan air irigasi terutama pada musim kemarau. Namun sayangnya, dengan semakin meningkatnya pembangunan di segala bidang menyebabkan kuantitas dan kualitas air tidak lagi sesuai dengan peruntukannya. Pembangunan yang semakin meningkat diikuti dengan peningkatan pencemaran lingkungan, yang salah satunya berasal dari limbah industri.”

Menurut (Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, menurut peruntukannya menjadi 4 kelas, sebagai berikut :

1. Kelas satu merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk baku air minum, dan/atau air peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
2. Kelas dua merupakan air 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 air yang sama dengan kegunaan tersebut;
3. Kelas tiga air 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.

J. Faktor iklim

1. Suhu udara

Suhu adalah besaran yang menunjukkan derajat panas suatu benda, dan alat yang digunakan untuk mengukur suhu adalah termometer (Tiskha Sukma Ambarwati, 2018, hlm 1). Suhu udara memengaruhi beberapa kegiatan

pada tanaman seperti fotosintesis, respirasi, pertumbuhan, pembuahan dan kegagalan buah (Herlina & Ninuk Prasetyorini, 2020, hlm 119). Salisbury dan Ross (1995) menyatakan bahwa: “Semakin tinggi suhu lingkungan akan menyebabkan proses fotosintesis akan meningkat sehingga penyerapan tumbuhan terhadap air akan meningkat pula. Sebaliknya, jika suhu rendah maka daya absorbansinya juga lambat karena dengan suhu rendah otomatis kebutuhan tanah terhadap air akan berkurang, sementara logam berat diserap oleh tumbuhan bersamaan dengan air dan unsur hara” (Mohamad E, 2011 dalam Tiro *et al.*, 2017, hlm 84). Karena kangkung darat tumbuh dengan optimal baik pada suhu 20°C-30°C beserta iklim panas dan lembab (Alexander, 2004 dalam Sutan *et al.*, 2018, hlm 75).

2. Intensitas cahaya

Intensitas cahaya adalah jumlah energi yang diserap tanaman per satuan luas dan per satuan waktu (kal/cm²/hari). Intensitas cahaya yang diterima tanaman tidak selalu sama di mana-mana (Mukhayat, 2018, hlm 179). Intensitas cahaya memiliki efek yang besar pada efisiensi fotosintesis tanaman (Yustiningsih, 2019, hlm 45). Fotosintesis merupakan reaksi penting pada tumbuhan dan bekerja untuk mengubah energi matahari (cahaya) menjadi energi kimia yang tersimpan dalam senyawa organik (Campbell & Reece 2008 dalam Yustiningsih, 2019, hlm 45). Menurut Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Bandung menjelaskan bahwa intensitas cahaya yang optimal bagi tanaman kangkung berkisaran antara 4305,56 - 8611,13 maka bisa dikatakan tanaman kangkung tidak membutuhkan banyak cahaya panas (Fadhilillah *et al.*, 2019, hlm 170). Menurut Salisbury dan Ross (1995 dalam Fitriani *et al.*, 2017, hlm 7) bahwa Intensitas cahaya yang tinggi dapat merusak struktur kloroplas yang membantu proses metabolisme tanaman, sehingga menurunkan produktivitas tanaman. Selain itu, menurut Nazaruddin (2003 dalam Fadhilillah *et al.*, 2019, hlm 170) mengatakan, intensitas cahaya matahari yang optimal mempengaruhi aktivitas stomata yang menyerap CO₂, dan semakin tinggi intensitas cahaya matahari pada permukaan tanaman maka semakin tinggi pula penyerapan CO₂ dengan curah hujan yang cukup.

3. pH tanah

pH tanah atau yang sering disebut dengan keasaman tanah dapat mempengaruhi kesuburan tanah. Wilayah Indonesia umumnya memiliki jenis tanah masam. Keasaman tanah (pH tanah) di negara kita berada pada kisaran 3,0 - 9,0, pH tanah antara 4,0 - 5,5 termasuk dalam kategori tanah masam, pH 6,0 - 6,5 masih tergolong tanah normal (Mukhayat, 2018, hlm 179). Kangkung darat dan kangkung air dapat tumbuh optimal jika tempat yang banyak akan bahan organik dengan pH 5,5 - 6,5 (Sutan *et al.*, 2018, 73). Cepat dan lambatnya pertumbuhan berbagai jenis tumbuhan sangat ditentukan oleh pH tanah itu sendiri. Dalam bidang pertanian, pengaruh pH tanah memegang peranan yang sangat penting dalam menentukan mudah tidaknya ion hara diserap oleh tanaman (Karamina *et al.*, 2018, hlm 430). Logam berat erat kaitannya dengan kandungan bahan organik tanah dan pH tanah. Kehadiran bahan organik membuat nutrisi tersedia bagi tanaman. Ketika pH rendah, konsentrasi logam berat tinggi dan mudah diserap oleh tanaman. (Khasanah *et al.*, 2021, hlm 74).

Sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor fisika dan kimia bagi tanaman sangat berhubungan erat dengan pertumbuhan sayuran kangkung. Faktor tersebut akan menunjang seberapa besar kandungan nikel (Ni) yang terdapat pada air irigasi, tanah serta sayuran kangkung darat.

Tabel 2.4 Baku Mutu Parameter Fisika dan Kimia

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
Suhu ¹	°C	20°C - 30°C
Intensitas cahaya ²	-	4305,56 - 8611,13
pH tanah ³	-	5,5 - 6,5

Sumber : ¹Alexander,2004 dalam Sutan *et al.*, 2018

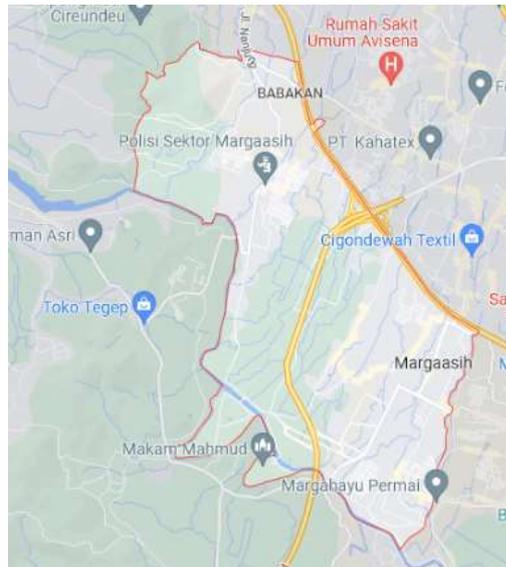
²Fadhilillah *et al.*, 2019

³Sutan *et al.*, 2018

K. Kecamatan Margaasih

Margaasih adalah sebuah kecamatan di Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Margaasih terletak di tengah jalan raya penghubung Kota Cimahi dengan Soreang (Anonim, 2022). Kecamatan margaasih dibagi menjadi 6 kelurahan yaitu Cigondewah Hilir, Lagadar, Margaasih, Mekar Rahayu, Nanjung dan Rahayu (Anonim, 2016).

Berdasarkan observasi ke lokasi, lahan pertanian sayuran kangkung darat terletak di Jl. Peuris Kecamatan Margaasih, yang mana tepat dibelakang bangunan pabrik. Lahan pertanian tersebut terdiri dari beberapa petak lahan. Hasil wawancara yang telah dilakukan dengan warga sekitar, Atep & Eman (2021), diketahui bahwa sebagian besar lahan pertanian yang digunakan bukanlah lahan pribadi, melainkan lahan yang dimiliki oleh beberapa perusahaan, salah satunya seperti PT. Podomoro, sehingga para petani hanya mengelola lahan dengan sistem bagi hasil. Dari hasil wawancara tersebut juga diketahui bahwa sumber irigasi lahan pertanian di Kecamatan Margaasih bersumber dari daerah Bojong Koneng Kabupaten Bandung yang mengalir sampai lahan pertanian di daerah Margaasih.



Gambar 2. 3 Kecamatan Margaasih

Sumber: Google.co.id

L. Analisis uji logam berat nikel (Ni) dengan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS)

Spektrometer serapan atom atau *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) adalah instrumen yang digunakan dalam metode analisis untuk penentuan unsur logam dan logam yang pengukurannya didasarkan pada penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam

spesies dalam keadaan bebas (Skoog 2000 dalam *Lolo et al.*, 2020, hlm 104). Biasanya digunakan untuk memeriksa unsur logam. Metode AAS didasarkan pada penyerapan cahaya oleh atom. Atom menyerap cahaya ini pada panjang gelombang tertentu, yang bergantung pada sifat unsur. Metode penyerapan atom hanya bergantung pada laju dan tidak bergantung pada suhu. Setiap instrumen AAS terdiri dari tiga komponen sebagai berikut : unit atomisasi, sumber radiasi dan sistem pengukur fotometrik (Suci, 2021, hlm 8). Jika cahaya dengan panjang gelombang melewati sel yang mengandung atom bebas yang sesuai maka sebagian cahaya akan diserap dan intensitas penyerapan akan sebanding dengan jumlah atom logam bebas yang terdapat pada sel (Pramesti, 2021, hlm 9).

Menurut Khopkar (2003 dalam Pramesti, 202, hlm 10-11) menjelaskan prinsip *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) sebagai berikut :

Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unturnya. Metode serapan atom hanya tergantung pada perbandingan serta tidak bergantung pada temperatur. Spektrofotometri serapan atom (SSA) adalah suatu metode analisis yang berdasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ini bersifat labil, elektron akan kembali ke tingkat energi dasar dengan mengeluarkan energi yang berbentuk radiasi.

Selain itu, Prinsip AAS pada dasarnya sama dengan penyerapan cahaya oleh molekul atau ion senyawa dalam larutan (Gupta and Roy, 2007 dalam *Lolo et al.*, 2020, hlm 104). Jika operasi AAS didasarkan pada penguapan larutan sampel, itu akan mengubah logam yang terkandung menjadi atom bebas. Atom – atom menyerap radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan oleh lampu katoda (*hollow cathode lamps*) yang mengandung unsur yang akan diukur. Jumlah radiasi yang diserap diukur dengan panjang gelombang tergantung pada jenis logamnya (Darmono 1995 dalam Lestari 2015 dalam Witianty Putri Aprilia, 2021, hlm 20).

M. Hasil penelitian terdahulu

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat penelitian	Metode	Hasil penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	M.Yusuf, Kiki Nurtjahja dan Roslianan Lubis. (2016)	Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cu, Cd dan Zn Pada Sayuran Sawi, Kangkung Dan Bayam Di Areal Pertanian Dan Indusri Desa Paya Rumput Titipan Medan	Desa Paya Rumput Titipapan Medan	Metode yang digunakan yaitu dengan menggunakan analisis dengan menggunakan alat <i>atomic absorption spektrofotometri</i> (AAS).	Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa logam berat timbal (Pb) menunjukkan kadar timbal ditemukan tertinggi pada bayam yaitu 6 mg/kg. Kadar kadmium pada kangkung dan bayam yaitu 3 mg/kg. Sedangkan kadar Cu pada	<ol style="list-style-type: none"> Menggunakan metode dengan <i>atomic absorption spektrofotometri</i> (AAS). Salah satu objek pada penelitian yaitu kangkung 	<ol style="list-style-type: none"> Pada penelitian terdahulu logam berat yang di uji Pb,Cu, Cd dan Zn. Objek pada penelitian terdahulu yaitu sawi dan bayam. Penelitian dilakukan di

					hasil analisis masih dalam batas maksimum. Kadar Pb, Cd, Zn pada setiap sampel melebihi batas maksimum yang diperbolehkan menurut surat Keputusan Dit Jend POM No 03725/B/SKVII/89 dan SNI 7387:2009.		Desa Paya rumput Titipan Medan
2	Ing Mayfa Br Situmorang, Dimas Frananta	Analisis Logam Berat Pada Sayuran Yang	Dipinggir jalan raya oleh petani yang ada	Metode yang digunakan metode destruksi basah dengan	Dari penelitian ini di dapatkan hasil bahwa Hasil analisis kandungan	1. Menggunakan metode dengan <i>atomic absorption</i>	1. Pada penelitian terdahulu logam berat

	Simatupang (2021)	Ditanami Di Pinggir Jalan Bekasi Utara	di sekitar STIKes Prima Indonesia Kecamatan Babelan, Bekasi Utara	menggunakan instrument spektroskopi serapan atom (SSA)	logam berat pada sayuran kangkung terdapat kadar timbal (Pb) dan krom (Cr) yang tinggi sedangkan Arsen (As) dan Tembaga (Cu) tidak terdeteksi. Pada sayuran bayam hijau dan bayam merah memiliki kadar krom (Cr) yang tinggi dan untuk timbal (Pb), Arsen (As) dan Tembaga (Cu) tidak terdeteksi.	<i>spektrofotometri</i> <i>ri</i> (AAS). 2. Salah satu objek pada penelitian yaitu kangkung	yang di uji Pb, Cr, As dan Cu 2. Objek pada penelitian terdahulu yaitu bayam hijau dan bayam merah.
--	----------------------	----------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3.	Bambang Hindratmo, Siti Masitoh, Retno Puji Lestari, Rita Mukhtar, dan Maulana Kusumardhani (2021)	Kandungan Logam Berat dalam Sungai dan Tanah di Beberapa Wilayah Desa Hila, Kepulauan Romang, Kabupaten Maluku Barat Daya	Beberapa Wilayah Desa Hila, Kepulauan Romang, Kabupaten Maluku Barat Daya	Menggunakan metode <i>grab sampling</i> dan komposit di 2 (dua) titik pengambilan air Sungai Hilmat dan <i>Drill Camp</i> , serta 9 (sembilan) titik contoh uji tanah	Hasil penelitian analisis air sungai menunjukkan bahwa parameter logam berat (Hg, Fe, Mn, Cu, As, Cd, Co, Ni, Au, dan Zn) berada di bawah baku mutu sesuai Peraturan Pemerintah PP No 82/2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air pada lampiran kriteria mutu air kelas 1. Baku mutu	1. Objek pada penelitian terdahulu menggunakan tanah 2. Logam berat yang di uji yaitu nikel	1. Pada penelitian terdahulu menggunakan metode grab sampling dan Drill camp. 2. Penelitian ini dilakukan di Desa Hila, Kepulauan Romang, Kabupaten Maluku Barat Daya
----	----------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

					<p>masih mengacu pada peraturan yang lama karena kegiatan dilakukan sebelum dikeluarkannya PP No 22/2021. Logam dominan yang ditemukan dalam matriks tanah adalah Fe dengan konsentrasi berkisar antara 600-63900 mg/Kg. Fe merupakan mineral alamiah yang banyak terkandung di dalam tanah,</p>		
--	--	--	--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

					kemudian disusul logam Mn, As, dan Cu dengan kisaran konsentrasi masing-masing yaitu 15-9491 mg/Kg, 10-1998 mg/Kg, dan 2,9-2978 mg/Kg.		
4.	Nurul Fajriah, Zulfadli, M. Nasir (2017)	Analisis Kadar Logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Tanaman Kangkung (<i>Ipomoea aquatica</i>) Menggunakan	Desa Limpok dan Desa Turam	Penelitian ini menggunakan teknik spektrofotometri Serapan Atom (SSA).	Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi timbal pada kangkung darat dan kangkung air berturut-turut adalah 0,0591 ppm dan 0,0457 ppm,	1. Menggunakan metode dengan <i>atomic absorption spektrofotometri</i> (AAS). 2. Objek pada penelitian terdahulu	1. Pada penelitian terdahulu logam berat yang diuji yaitu Pb dan Cd 2. Penelitian terdahulu

		Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)			sedangkan kadar logam kadmium pada kangkung darat dan kangkung air berturut-turut adalah < 0,0002 ppm dan 6,9212 ppm. Konsentrasi timbal yang ditemukan pada kangkung darat dan kangkung air masih di bawah ambang batas maksimum yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI 01-	menggunakan kangkung darat	dilakukan di Desa Limpok dan Desa Turam
--	--	-------------------------------------	--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------	-----------------------------------------

					<p>7387-2009) yaitu 0,5 ppm. Konsentrasi kadmium pada kangkung darat masih di bawah ambang batas maksimum sedangkan konsentrasi kadmium pada kangkung air menunjukkan telah melewati ambang batas yang ditetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI 01-7387-2009) yaitu 0,2</p>		
--	--	--	--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

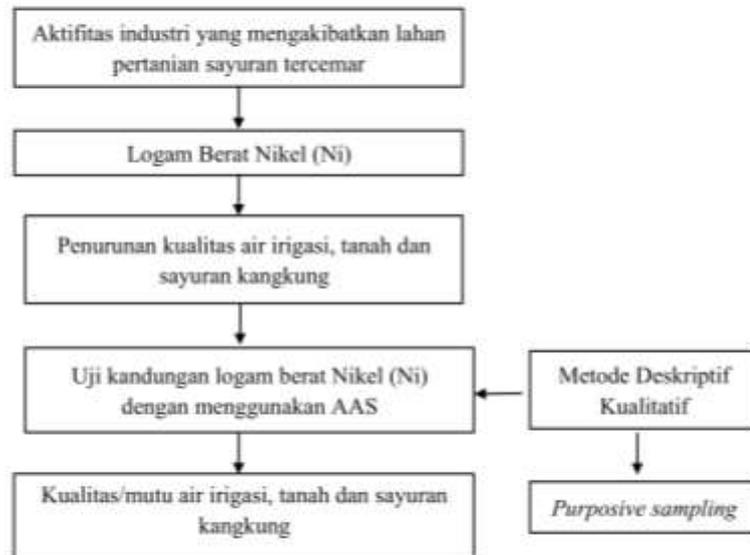
					ppm.		
5.	Andi Badli Rompegading, Nur Fadhillah Muhlis, Rizky Arfadilla, Nur Indah Sari, Ayu Muliana, Rahmawati, Mutmainnah Gani, Ahmad Rinaldy, Muh. Faqhi S., Mirjawanda, Aisyah Gusfira, Zakiah Tantu, Uswah Trywulan	Deteksi awal kandungan logam tembaga (Cu) pada Tanaman kangkung darat (<i>Ipomoea reptans</i>)	dilakukan di rumah masing-masing karena pandemi covid-19	Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif analisis kuantitatif, untuk mengetahui kandungan awal logam tembaga pada tanaman kangkung darat berdasarkan Surat Keputusan Direktur Jenderal POM No. 03725/B/SKVII/89	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam tembaga yang terdapat pada sampel H-1, H-2, H-3 dan H-4 masing-masing adalah sebanyak <0,50 mg/kg. Hal tersebut menggambarkan bahwa kadar logam tersebut masih di bawah ambang batas aman berdasarkan Surat Keputusan	1. Objek pada penelitian terdahulu menggunakan kangkung darat	1. Pada penelitian terdahulu logam berat yang diuji yaitu Cu 2. Pada penelitian terdahulu dilakukan rumah masing-masing

	Syah, Rizal Irfandi (2021)				Direktur Jenderal POM No. 03725/B/SKVII/89 . Di mana batas maksimum yang diperbolehkan menurut Surat Keputusan Direktur Jenderal POM No 03725/B/SKVII/89 adalah 36 mg/kg.		
--	-------------------------------	--	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

Melihat dari penelitian yang sebelumnya telah dilakukan berdasarkan uraian di atas berkaitan dengan analisis dan identifikasi logam berat pada areal pertanian khususnya pertanian sayuran. Secara umum keempat penelitian tersebut memiliki korelasi yang cukup relevan dengan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis. Relevansi tersebut diantaranya seperti metode yang dipakai. Selain itu variabel-variabel penelitian memiliki relevansi yang cukup erat yakni sama-sama mengidentifikasi kandungan logam berat yang ada pada areal pertanian seperti air irigasi, tanah dan sayuran.

N. Kerangka pemikiran

Berdasarkan latar belakang yang telah dirumuskan yaitu, aktifitas industri yang dikelola secara tidak baik dapat menyebabkan lahan pertanian sayuran yang disekitar kawasan industri akan tercemar oleh berbagai logam berat, khususnya logam berat nikel (Ni). Dari hasil pencemaran limbah ini dapat menurunkan kualitas air irigasi, tanah dan sayuran kangkung. Sayuran kangkung yang ditanam di lahan pertanian dapat berpotensi dan memiliki resiko terpapar logam berat nikel (Ni). Logam berat diserap oleh jaringan tanaman melalui stomata daun dan akar, menyerang ikatan sulfida molekul protein seluler, merusak struktur protein terkait, menghalangi kerja enzim, dan ketidakseimbangan metabolisme tubuh. Kemudian dapat mendistribusikan logam ke organisme lain melalui siklus rantai makanan (Alloway, 1990 dalam Widowati *et al.*, 2015, hlm 2). Dengan tercemarnya air irigasi, tanah dan sayuran kangkung maka dilakukan uji kandungan logam berat nikel (Ni) dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Jika logam berat terakumulasi pada tumbuhan dalam jumlah banyak akan berbahaya dan mengakibatkan gangguan kesehatan bagi tubuh manusia.



Gambar 2.4 Kerangka Pemikiran
Sumber : Dokumen Pribadi

O. Keterkaitan Hasil Penelitian dengan Pembelajaran Biologi

Jika dikaitkan dengan pembelajaran biologi, hasil penelitian ini dapat menjadi contoh konkret bagi peserta didik terkait permasalahannya berupa pencemaran logam berat yang membahayakan bagi kesehatan tubuh manusia. Data-data hasil penelitian ini diantaranya kondisi parameter faktor klimatik seperti suhu udara, intensitas cahaya, dan pH tanah, serta kandungan logam berat yang terdapat pada air irigasi, tanah dan sayuran kangkung tersebut. Logam berat sebagaimana dimaksud adalah logam berat nikel (Ni) yang terakumulasi pada air irigasi, tanah dan sayuran kangkung di Kawasan Industri Kecamatan Margaasih Kabupaten Bandung. Hasil penelitian kaitannya dengan pembelajaran yaitu bahwa hasil penelitian ini dapat dijadikan contoh konkret salah satunya lingkungan hidup serta berbagai pencemaran yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan.

Materi pembelajaran mengenai berbagai macam pencemaran yang bisa terjadi pada suatu lingkungan berdasarkan kurikulum 2013 terdapat pada kelas

X 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 lingkungan sekitar”. Dengan demikian data hasil penelitian ini dapat dijadikan salah satu rujukan atau bahan ajar bagi pembelajaran biologi.