

BAB II

TINJAUAN TEORI PENCEMARAN, KANDUNGAN LOGAM BERAT SENG (Zn), AIR IRIGASI, TANAH DAN SAYURAN KANGKUNG

A. Industri

Bidang kegiatan yang bertujuan untuk kesejahteraan masyarakat dan meningkatkan taraf hidup salah satunya adalah Pembangunan industri (Nursabrina et al., 2021, hlm. 81). Masalah lingkungan telah muncul sebagai masalah yang paling mendesak karena pertumbuhan industri di banyak tempat dan menuntut perhatian yang meningkat dari sektor swasta (Nurlani, 2019, hlm. 65). Limbah cair industri merupakan masalah yang berulang kali timbul di lingkungan. Jika limbah cair tidak diolah maka akan mencemari lingkungan di sekitar industri (Suprihatin et al., 2015 dalam Rahayu et al., 2021, hlm. 2).

Limbah industri tekstil yang mencemari air bersih merupakan masalah yang sering menimpa Indonesia dan negara berkembang lainnya. Indonesia memiliki beban air limbah industri tekstil tertinggi jika dibandingkan dengan negara-negara Asia Tenggara lainnya. 883 ton sampah organik dihasilkan setiap hari di Indonesia, dan sektor tekstil menyumbang 29% dari jumlah tersebut. (Lolo & Pambudi, 2020, hlm. 1090). Limbah tekstil merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pengankjian, *sizing*, *destarch*, *bleaching*, *cooking*, *mercerising*, *colouring*, *printing* dan *refining* (Fauzi et al., 2019, hlm. 8). Air limbah industri tekstil harus diproses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan agar dapat memenuhi baku mutu pada air limbah industri tekstil. Sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Sebelum air limbah dibuang ke sungai, beberapa syarat harus dipenuhi, antara lain: tidak berwarna, pH netral, tidak adanya zat berbahaya, kesadahan rendah, dan tidak adanya bakteri patogen (Ge, J., et.al, 2020 dalam Lutviana Nur Ayni, 2021, hlm. 371).

B. Pencemaran

1. Pengertian Pencemaran

Undang-undang lingkungan hidup No. 4 Tahun 1982 mendefinisikan pencemaran sebagai masuknya zat, makhluk hidup, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan, serta modifikasi ekosistem. Keteraturan proses baik alam atau manusia menurunkan lingkungan ke titik di mana ia tidak dapat berfungsi dengan benar (Hidayat, 2015, hlm. 51).

2. Pencemaran Lingkungan

Masuknya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia yang mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan hidup sampai tingkat tertentu didefinisikan sebagai pencemaran lingkungan hayati menurut Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup Bab 1 Pasal 1, poin 12. Hal ini membuat ekosistem tidak berfungsi sebagaimana mestinya.

Masalah yang paling nyata saat ini adalah degradasi lingkungan, yang disebabkan oleh semakin banyaknya perusahaan yang diciptakan untuk memenuhi tuntutan populasi yang terus bertambah. Industri ini menghasilkan banyak sampah, dan pengelolaan sampah yang tidak tepat atau tidak bertanggung jawab dapat berdampak buruk bagi lingkungan (Zhang et al. 2013 dalam Hidayat, 2015, hlm. 51). Logam berat terakumulasi tidak hanya di dalam tanah, akar, dan daun-daun lahan pertanian, tetapi juga pada makanan yang dihasilkan, yang sangat berbahaya jika diberikan kepada masyarakat (Satpathy et al. 2014 dalam Hidayat, 2015 hlm. 54). Dari sudut pandang lingkungan, bahan organik, keasaman tanah, tekstur, suhu, kandungan mineral lempung, dan variabel lainnya memiliki pengaruh terhadap logam berat. Saat menentukan konversi logam, faktor pH sangat penting karena penurunan pH dapat meningkatkan ketersediaan logam berat selain Mo dan Se (Kurniasari dkk, 2012, hlm. 18).

a. Ciri-ciri Lingkungan Tercemar

Menurut (Wahyudi, 2020, hlm. 87) berikut merupakan ciri-ciri suatu lingkungan tercemar:

1. Air untuk kebutuhan manusia memiliki rasa, berwarna, dan berbau.

2. Banyak genangan-genangan air karena Saluran air tidak lancar
3. Udara banyak mengandung debu dan asap
4. Bau tidak sedap yang disebabkan sampah berserakan

b. Penyebab Pencemaran Lingkungan

Salah satu bahaya lingkungan yang banyak menyita perhatian adalah pencemaran logam. Selain itu, logam berat, khususnya pencemaran lingkungan oleh kompleks logam berat beracun, merupakan faktor yang berkontribusi terhadap isu perubahan lingkungan. Transmisi logam berat pada tanah, air atau udara bisa dilakukan dengan bermacam-macam cara, seperti pengolahan langsung limbah industri, termasuk limbah cair dan padat, atau melalui udara, karena banyak industri hanya membakar limbah dan membuang sisa pembakaran produknya setelah diproses dan mencemari udara. (Palar, 2008 dalam Nur, 2013, hlm. 74).

c. Cara Menanggulangi Pencemaran Lingkungan

Strategi keamanan pangan nasional yang mengendalikan pencemaran lingkungan harus segera dilakukan, terutama di masa perdagangan bebas. Produk pertanian harus memenuhi persyaratan kualitas tinggi dan layak untuk dikonsumsi manusia. Kehadiran logam berat di tanah pertanian menurunkan produksi dan kualitas pertanian selain membahayakan kesehatan manusia melalui makan makanan yang dihasilkan dari tanah tercemar (Nur, 2013, hlm. 75).

3. Pencemaran pada Air

Zat yang masuk ke dalam perairan yang menyebabkan kualitas air terganggu merupakan peristiwa dari pencemaran air. Limbah industri, limbah pertanian, limbah minyak dan juga limbah rumah tangga merupakan sumber pencemaran air berasal (Wahyudi, 2020, hlm. 88). Pencemaran oleh bahan pencemar dari industri, pertanian, peternakan, dan kegiatan domestik mengakibatkan penurunan kualitas air badan-badan air seperti sungai, waduk, dan danau secara signifikan. Meskipun berbagai kebijakan dan peraturan terkait pengendalian pencemaran air telah dilaksanakan, antara lain: PP No. 2001 Keputusan No. 82 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 82. Pada 13 Desember 2010, kurangnya pengawasan dan

penegakan hukum mengakibatkan kualitas air terus menurun. (Priadie, 2012, hlm. 38-39).

Pencemaran air dapat dikategorikan menjadi 9 (sembilan) kelas berdasarkan sifatnya, antara lain padatan, limbah aerobik, mikroorganisme, komponen organik sintetik, nutrisi tanaman, minyak, bahan kimia anorganik dan mineral, bahan radioaktif, panas, dan padatan (Fardiaz, 1992 dalam Prasetyo, 2011, hlm. 9-10).

a. Ciri-ciri Air Tercemar

Menurut Rambulangi & Lullulangi (2021, hlm. 431) Limbah memiliki indikator atau ciri sebagai berikut:

1. Perubahan warna, bau dan rasa.
2. Nilai pH sangat rendah (normalnya adalah 6,5-7,5), atau konsentrasi ion hidrogen berubah.
3. Adanya atau adanya zat yang diendapkan, terlarut atau koloid.
4. Mikroorganisme yang berlebihan.
5. Perubahan suhu atau temperatur air.
6. Peningkatan radioaktivitas dalam air

b. Penyebab Pencemaran Air

Jenis-jenis limbah yang dapat mencemari air menurut Rambulangi & Lullulangi (2021, hlm. 431) adalah sebagai berikut:

1. Limbah domestik dari kegiatan rumah tangga, pasar, perkantoran, dll. Secara umum, sampah domestik terbagi menjadi sampah organik, sampah anorganik, dan zat beracun B3.
2. Pabrik atau limbah industri dari kegiatan industri, yang sebagian besar berasal dari pabrik yang menghasilkan produk yang mengandung bahan atau zat berbahaya dan menghasilkan limbah selama proses produksi. Limbah dapat berupa limbah cair, limbah padat atau limbah gas.
3. Limbah pertanian. Air pertanian bukanlah penyebab pencemaran, tetapi apabila pestisida digunakan berlebihan dapat berdampak negatif terhadap lingkungan.
4. Pembuangan sampah yang tidak pada tempatnya sehingga menimbulkan banyak masalah sesuka hati. Contohnya di Jakarta sampah juga merupakan pencemar, jadi kalau masih suka membuang sampah sembarangan juga ikut menyumbang pencemaran.

Mudarisin, 2004 dalam (Prasetyo, 2011, hlm. 10-11) menyebutkan Beberapa bentuk limbah cair yang dapat mencemari air dapat dipisahkan berdasarkan sumbernya, antara lain:

1. Perkantoran rumah tangga, institusi, dan tempat rekreasi. Kotoran, urin, dan limbah cair dari kamar mandi, dapur, dan binatu yang 99,9% air dan 0,1 persen padat termasuk di antara produk limbah yang berasal dari lokasi perumahan. Saat ini, padatan dipisahkan menjadi dua kategori: 70% bahan organik (kebanyakan protein, karbohidrat, dan lipid) dan 30% bahan anorganik (terutama pasir, air limbah, garam, dan logam).
2. Limbah cair dari kegiatan produksi industri disebut limbah industri. Air pencuci, pelarut, atau air pendingin yang digunakan di sektor ini semuanya dapat berkontribusi pada limbah cair ini. Air limbah industri biasanya sulit untuk diolah karena adanya logam berat, mineral, pelarut, organik, garam, dan kontaminan lainnya.
3. Sampah pertanian, yaitu limbah yang dihasilkan dari praktik pertanian seperti penggunaan pupuk, insektisida, fungisida, dan herbisida secara berlebihan.
4. Infiltrasi atau aliran masuk, khususnya sampah cair dari sampah yang sampai dan meluap ke dalam sistem persampahan.

c. Dampak Pencemaran Air

Air merupakan elemen penting bagi kehidupan di bumi. Ketersediaan air merupakan sumber daya yang melimpah untuk digunakan manusia, bahkan untuk mikroorganisme. Oleh karena itu, pencemaran air harus dicegah. Persyaratan ini tidak terlepas dari dampak negatif air yang tercemar. Sejumlah penelitian telah membuktikan bahwa air yang tercemar sangat berbahaya bagi organisme, terutama konsumsi manusia. Air yang tercemar merupakan sumber penyakit, mulai dari keracunan hingga penyakit berbahaya seperti kanker (Chaerul et al., 2021, hlm. 98). Kerusakan lingkungan akan mengancam kesehatan manusia salah satunya akibat limbah pabrik yang berbahaya terhadap kehidupan ekosistem perairan. Air yang terkontaminasi sangat merugikan kualitas air dan manfaatnya (Adack, 2013, hlm. 85-86). Kegiatan manusia yang menyebabkan penurunan kualitas air yang menyebabkan pencemaran air sehingga banyak zat aditif yang masuk ke dalam air (Miyasa *et al.*, 2019, hlm. 80).

d. Cara Menanggulangi Pencemaran Air

Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Pengelolaan Pencemaran Air Nomor 01 Tahun 2010 tahun (Prasetyo, 2011 hlm. 24). Untuk menjamin kualitas air memenuhi baku mutu air, pengendalian pencemaran air merupakan solusi untuk mencegah dan mengendalikan pencemaran air serta memulihkan kualitas air. Menurut Hendrawan (2005 dalam Prasetyo, 2011) Meningkatkan hasil yang baik dan mengurangi konsekuensi negatif adalah tujuan dari pengendalian polusi. Isu politik, sosial, dan budaya memiliki dampak yang signifikan terhadap optimalisasi ini.

Untuk tujuan mengurangi pencemaran air limbah industri, pemerintah telah mengembangkan pembatasan. Limbah cair industri tidak dapat langsung dibuang ke sungai karena mengandung bahan pencemar organik dan anorganik. Sebaliknya, air limbah harus diolah sebelum dibuang ke sungai untuk mencegah pencemaran. (Adack, 2013, hlm. 81).

e. Pencemaran Logam Berat Seng (Zn) pada Air

Seng merupakan unsur yang melimpah di alam. Kandungan seng di kerak bumi kisaran 70 mg/kg. Kandungan seng dalam air kisaran $< 0,05$ mg/L, dan dalam air asam mencapai kisaran 50 mg/L (Moore, 1991 dan McNeely et al., 1979. Dalam (Yudo, 2018, hlm. 4). Salah satu logam berat esensial diperlukan dalam jumlah kecil, tetapi apabila kandungan seng dalam air melebihi ambang batas yang ditentukan akan berbahaya dan beracun bagi kehidupan organisme (Dahuri, 2003 dalam Supriyantini et al., 2016, hlm. 15) Kegiatan pabrik akan terus menghasilkan limbah cair dengan kandungan seng tinggi dan menyebabkan pencemaran lingkungan air (Ningsih et al., 2014, hlm.15).

4. Pencemaran pada Tanah

a. Pengertian Pencemaran Tanah

Definisi pencemaran tanah adalah perubahan lingkungan alami tanah sebagai akibat dari zat yang dimasukkan ke dalam tanah oleh manusia. Seperti yang kita semua tahu, tumbuhan, manusia, dan hewan adalah mata rantai pertama dalam rantai makanan. Meskipun ada makhluk laut dan tumbuhan selain yang hidup di

darat, sebagian besar makanan kita dihasilkan oleh tanah. (Tan, 2005 dalam Adhani dan Husaini, 2017, hlm. 80).

Jumlah logam dalam tanah merupakan prediktor yang dapat diandalkan untuk ketersediaan logam tanaman di sana. Logam dapat ditemukan di tanah dalam berbagai bentuk, seperti ion penukar logam, ion logam bebas, kompleks ligan logam, logam yang terikat pada senyawa organik, oksida atau senyawa yang tidak larut, karbonat, dan hidroksida, atau sebagai komponen integral dari tanah. struktur tanah dalam ikatan silikat (Davies, et al. 2002; dalam Adhani dan Husaini, 2017, hlm. 85).

b. Ciri-ciri Tanah Tercemar

Semua bahan organik apa pun di lapisan tanah yang bekerja bersama sebagai satu kesatuan. Sampah organik yang tidak terkendali dapat mencemari lapisan tanah dengan mengubah kondisi organik tanah. Polutan juga diangkut oleh tanah melalui aliran, penyerapan, dan pencucian. Penetrasi dan pelepasan adalah proses yang mengangkut polutan yang paling penting (Adhani dan Husaini, 2017, hlm. 86). Pencemaran tanah ditandai dengan: 1) pH tanah sangat masam, 2) kekurangan atau kehilangan unsur hara dalam tanah, 3) tidak tumbuhnya jamur atau mikroorganisme lain, 4) rendah mineral, 5) terdapat plastik atau bahan lain. Bahan *non-biodegradable* lainnya (Rambulangi & Lullulangi, 2021, hlm. 432).

c. Penyebab Pencemaran Tanah

Kontaminasi ini disebabkan oleh kebocoran bahan kimia atau limbah cair dari aplikasi pestisida, dari operasi industri atau komersial, atau oleh air tanah yang terkontaminasi ke lapisan bawah permukaan (Tan, 2005 dalam Adhani dan Husaini, 2017, hlm.80). Dalam Selain itu, menurut (Mangel dan Kirkby, 1987 dalam Hidayat, 2015 hlm. 52) Logam berat ditemukan di tanah secara alami. Beberapa logam ini, seperti Zn, Cu, Ni, dan Fe, terlibat dalam proses fisiologis pada tanaman, tetapi hanya dalam jumlah kecil. Jika jumlah ini terlampaui, mereka dapat memiliki efek toksik pada tanaman. Kadmium dan timbal, di sisi lain, sangat beracun dan merupakan polutan lingkungan utama yang berbahaya bagi manusia, hewan, dan tumbuhan.

d. Dampak Pencemaran Tanah

Dengan bersentuhan langsung dengan tanah yang terkontaminasi, produk pertanian, rantai makanan (tanah-tanaman-manusia atau tanah-tanaman-manusia), meminum air yang terkontaminasi, menurunkan kualitas makanan, dan mengurangi penggunaan lahan, tanah yang terkontaminasi logam berat dapat membahayakan manusia, kesehatan dan ekosistem. (Handyanto, 2017, hlm. 1).

Ketika jumlah sampah lebih besar dari kemampuan tanah untuk menyerapnya, sampah tersebut dibuang ke bawah tanah dan menyebabkan pencemaran tanah. Bahan dengan Bahan Beracun Berbahaya (B3) yang tercemar logam berat merupakan contoh limbah yang dapat merusak lingkungan (Tan, 2005 dalam Adhani dan Husaini, 2017, hlm. 80).

e. Cara Menanggulangi Pencemaran Tanah

Pemerintah telah berupaya untuk membuat berbagai peraturan perundang-undangan dalam upaya menghindari dan mengurangi kerusakan lahan akibat limbah industri. Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun serta menetapkan standar perangkat pencegahan pencemaran dan kerusakan lingkungan. Peraturan Pemerintah Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 150 Tahun 2000 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Utubira, 2018, hlm. 63).

Berkaitan dengan penanggulangan pencemaran tanah Hadayanto (2017, hlm. 2) menjelaskan Untuk melindungi tanah dan lingkungan dari kontaminasi, operasi remediasi tanah yang berkelanjutan diperlukan. Memahami asal kontaminan, kimia yang mendasarinya, dan efek logam berat terhadap lingkungan dan kesehatan manusia diperlukan untuk remediasi tanah yang terkontaminasi logam berat. Memahami sifat tanah dan logam berat diperlukan untuk perlindungan dan perbaikan ekosistem tanah yang terkontaminasi logam berat. Memahami spesiasi dan bioavailabilitas logam berat akan datang dari karakterisasi tanah.

f. Pencemaran Logam Berat Seng (Zn) pada Tanah

Logam berat dapat mencemari tanah melalui emisi industri, limbah tambang, tumpahan petrokimia, cat, bensin bertimbal, pupuk kandang, pestisida, pupuk anorganik, residu pembakaran batubara, air limbah irigasi, dan pembuangan sampah logam. Logam berat seng (Zn), timbal (Pb), arsen (As), krom (Kr), tembaga (Cu), kadmium (Cd), nikel (Ni), dan merkuri (Hg) adalah yang paling sering ditemukan di lingkungan tercemar daerah. (Handayanto, 2017, hlm.1).

90 ppm merupakan batas atas Zn dalam tanah (Olafisoye et.al., 2016 dalam Darlita et.al., 2017 hlm. 18). Degradasi bahan organik, bahan induk, pupuk, dan kontaminan pada pupuk RP yang telah digunakan selama empat tahun inilah yang menyebabkan tanah mengandung Zn (Darlita et.al., 2017 hlm. 18).

Kandungan logam dalam jaringan tanaman dapat naik, tidak turun, sebagai respons terhadap kenaikan suhu tanah. Efeknya bervariasi pada jenis logam; varietas tanaman dan organ tanaman juga dipertimbangkan (Notohadiprawiro, 2021, hlm. 78).

C. Sayur Kangkung Darat

Menurut Kusandryani dan Luthfy (2006 dalam Syihabul, Didik, 2015, hlm. 80) mengungkapkan bahwa di Indonesia terdapat berbagai jenis kangkung darat, seperti Bekasi 511 jenis, Bengkulu 504 jenis, Cikampek 512 jenis, dll, dengan jenis tegak, batang bulat, daun hijau, bunga berbentuk terompet, bunga putih dan karakteristik tanaman lainnya. Sejalan dengan pernyataan tersebut menurut Haryoto (2009 dalam Edi, 2014, hlm. 17) juga menyebutkan tanaman Kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir.) merupakan tanaman hortikultura yang disukai masyarakat Indonesia. Tanaman ini bersifat musiman dan berumur pendek serta tidak memerlukan penanaman yang ekstensif, sehingga dapat ditanam di kota-kota yang umumnya lahannya terbatas.

1. Klasifikasi

Menurut Anggara, 2009 dalam Utomo, 2019, hlm. 4, tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir.) diklasifikasikan sebagai berikut :

Regnum	: Plantae
Divisio	: Magnoliophyta
Classis	: Magnoliopsida
Ordo	: Solanales
Familia	: Convolvulaceae
Genus	: <i>Ipomoea</i>
Species	: <i>Ipomoea reptans</i> Poir.

2. Kandungan Kangkung Darat

Selain lezat, kangkung adalah sumber vitamin A, B, dan C yang luar biasa, serta sejumlah mineral, terutama zat besi, yang bermanfaat untuk pertumbuhan dan kesehatan. Efeknya bervariasi pada jenis logam; varietas tanaman dan organ tanaman juga dipertimbangkan (Haryoto, 2009 dalam Edi, 2014, hlm. 17). Kangkung mengandung 31 kalori per 100 gram komponen, atau 31 kalori per porsi. 7,3 g karbohidrat, 1,0 g protein, 0,3 g lemak, 29 mg kalsium, 29 mg zat besi, 29 mg kalsium, 90,9 % air, dan 0,05 mg vitamin B1 (Setiadi et al.,1996 dalam Bahar, 2016, hlm. 12).

49,00 gram natrium dan 458,00 gram kalium hadir dalam setiap 100 gram kangkung darat. Kalium dan natrium adalah garam bromida. Karena efeknya pada sistem saraf pusat, zat ini memiliki kualitas hipnosis. Daun kangkung juga mengandung senyawa antara lain hentriakontan, karoten, dan sitosterol selain kalium dan garam. Kangkung memiliki kualitas diuretik, anti-inflamasi, dan hemostatik (Maisara, 2019, hlm. 25-26).

Tabel 2. 1
Komposisi Nutrisi Daun Kangkung

Nutrisi	Kangkung
Kalori (C)	30 – 40 %
Protein (Ph)	2,7 – 3,6 %
Serat (S)	1,1 – 1,9 %
Kalsium (Ca)	60 – 180 %
Phosfor (Ph)	42 %
Besi (Be)	5,4 %
Beta Caroten (BETN)	2865 %

Sumber : Margono (2009 dlm Sania Maisara, 2019)

3. Manfaat Kangkung Darat

Seiring meningkatnya kesadaran masyarakat terjadap pola hidup sehat, maka konsumsi sayuran termasuk kangkung cenderung meningkat. Tingginya ketersediaan kangkung menjadi salah satu faktor pendukung yang menjadikan kangkung sebagai sayuran yang murah dan mudah ditemukan. Kangkung banyak ditemui di pasar tradisional dan supermarket (Rahman & Parkpian, 2004 dalam Suliartini *et al.*, 2021 hlm. 155).

4. Pencemaran Logam Berat Seng (Zn) pada Sayuran Kangkung

Tingkat logam yang tinggi akan mempengaruhi biomassa tanaman kangkung darat, dengan tingkat logam yang lebih tinggi pada tanaman, biomassa tanaman kangkung darat lebih rendah (Suchaida *et.al.*, 2015). Pada umumnya kadar Zn pada daun lebih tinggi daripada bagian, seperti umbi, buah dan biji (Notohadiprawiro, 2021, hlm. 78).

D. Tanah

Tanah merupakan keperluan primer bagi manusia. Tanah menjadi tempat terhadap segala aktivitas hidup dan kehidupan manusia (Nurchamidah & Djauhari, 2017, hlm. 699). Tanah merupakan wilayah darat yang bisa digunakan pada kehidupan sehari-hari sebagai tempat untuk berbagai usaha pertanian, peternakan, perumahan dan lainnya. (Lestari, 2017, hlm. 1). Tanah juga sebagai tempat tumbuh bagi tanaman, gudang dan pemasok unsur hara (Prabowo & Subantoro, 2017 hlm. 15). Selain itu, tanah menjadi media yang bagus untuk perkembangan dan pertumbuhan berbagai organisme (Arisandi, 2016, hlm. 1).

Tanah yang memiliki unsur haranya yang cukup, dan tidak memiliki faktor pembatas dalam tanah bagi pertumbuhan tanaman, kedalaman mencapai 150 cm, pH 6,0-6,5 dan strukturnya gembur merupakan ciri tanah yang subur (Sutedjo, 2002 dalam Prabowo & Subantoro, 2017, hlm. 59). Tolok ukur utama untuk pengelolaan tanah, kandungan karbon tanah mengungkapkan berapa banyak bahan organik yang ada. Bahan organik merupakan salah satu komponen yang dapat meningkatkan sifat fisikokimia dan biologi tanah (Dariah, 2007 dalam Sakiah *et al.*, 2020 hlm 13). Penerapan bahan organik sebagai agen ketahanan

merupakan salah satu cara untuk mempercepat rehabilitasi lahan secara alami karena tanah yang tergerus ditandai dengan penurunan kualitas kimia dan biologi tanah, yang tidak dapat dipisahkan dari kandungan bahan organik tanah yang lebih rendah (Nurahmi, 2010 hlm. 75).

Menurut Yuniarti et al., (2017 hlm. 214) menyebutkan tanah merupakan bagian penting dalam budidaya tanaman. Dalam bidang pertanian, fungsi utama tanah adalah sebagai media tumbuh bagi tanaman. Manfaat tanah adalah sebagai media tumbuh tanaman tegak, tempat berkembang biak biota tanah, laboratorium fisika kimia alam, sumber nutrisi bagi tanaman. Selain itu, ada pula yang mengemukakan mengenai fungsi tanah menurut Samarandak (2016, hlm. 12) Tanah merupakan lapisan di permukaan bumi yang secara fisik berfungsi untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan akar yang mendukung pertumbuhan tanaman serta menyediakan kebutuhan air dan udara. Sejalan dengan pernyataan tersebut Maliangkay (2018, hlm. 32) menyebutkan adanya tanah yakni salah unsur utama penyusun kehidupan. Semua kehidupan bisa tumbuh di atas tanah, oleh karena itu, adanya tanah harus kita jaga secara benar-benar serta dibutuhkannya metode konservasi tanah yang tepat untuk menjaga keberadaan tanah.

E. Sistem Air Irigasi

Manusia memperoleh air dengan memanfaatkan bangunan dan saluran buatan untuk mengairi lahan pertaniannya menggunakan sistem irigasi (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013, hlm 1). Selain itu, salah satu cara yang paling nyaman, efisien dan efektif untuk mengoptimalkan penggunaan air yakni dengan metode sistem irigasi. Dalam kondisi yang terkontrol tanaman akan tumbuh dengan baik, hal ini dikarenakan sistem irigasi yang menyokong untuk mengalirkan air dengan baik (Andariesta et al., 2015, hlm 90).

Salah satu faktor yang paling menentukan bagi pertanian untuk menyediakan air irigasi adalah air. Selain itu, air tetap menjadi sumber untuk mengairi irigasi, terutama pada musim kemarau. Namun sayangnya, seiring dengan berkembangnya lahan, kualitas dan kuantitas air tidak lagi sesuai dengan namanya. Semakin berkembangnya pembangunan maka pencemaran lingkungan

semakin meningkat, salah satunya dari limbah industri (Astuti, 2014, hlm 36). Dalam air irigasi penting untuk memperhatikan kualitas air. Nilai air irigasi menentukan batas dan penggunaan air irigasi untuk pertanian, serta untuk mengetahui apakah air tersebut tercemar dan tidak sesuai untuk kebutuhan sehari-hari. sebagai air pertanian. Air irigasi memegang peranan yang sangat penting untuk keberhasilan produksi padi di lahan pertanian. (Firdaus, 2010 dalam Sinaga et al., 2013, hlm. 187).

F. Logam Berat

Di sudut kanan bawah tabel periodik, logam berat adalah unsur kimia yang memiliki berat jenis lebih besar dari 5 g/cm³, daya tarik yang kuat untuk unsur S, dan biasanya nomor atom mulai dari 22 hingga 92 dan periode mulai dari 4 hingga 7 (Sari *et al.*, 2016, hlm. 19). Karena logam berat terdapat dalam komponen yang tidak dapat diuraikan, limbah yang mengandung logam berat yang dibuang secara teratur ke lingkungan akan menumpuk di tanah dan air. Jika ketersediaannya meningkat, maka akan diserap oleh tanaman dan berdampak buruk bagi kesehatan manusia (Hidayat, 2015, hlm. 51). Golongan logam yang dikenal sebagai logam berat memenuhi standar yang sama dengan logam lainnya. Perbedaannya adalah bagaimana logam berat ini berinteraksi atau masuk ke dalam tubuh (Putranto, 2011, hlm. 64).

Menurut Igwe dan Abia 2006; Kaewsarn dkk, 2008 dalam Kurniasari et al., (2012, hlm. 1) Salah satu pencemar air yang sangat berbahaya walaupun dalam jumlah sedikit adalah logam berat. Kegiatan manusia termasuk pelapisan dan pencampuran logam, penambangan logam, pembuatan pestisida, industri penyamakan kulit, serta industri minyak dan pigmen semuanya berpotensi menghasilkan limbah yang mengandung logam berat.

Logam berat dapat masuk ke tubuh manusia melalui mulut, seperti makanan tercemar dengan alat masak, tempat (minuman/makanan kaleng) dan pernafasan dari asap pabrik dan pembuangan limbah industri (Damono 1995 dalam Kurniasari et al., 2012, hlm.54). Ikan dan tumbuhan-tumbuhan sangat mudah menyerap logam berat yang terlarut dalam air sehingga masuk ke dalam rantai makanan. Logam berat tertimbun di akar dan berpindah ke zona yang dapat

dikonsumsi manusia seperti sayuran dan buah-buahan (Ahmad *et.al*, 2020 dalam Kurniawan & Redha, 2021).

1. Sifat-Sifat Logam Berat

Logam berat memiliki sifat toksik dan berbahaya untuk organisme hidup, walaupun beberapa memerlukan logam berat dalam jumlah sedikit (Supriyantini *et al.*, 2016, hlm. 15).

2. Macam-Macam Logam Berat

Berdasarkan fungsinya dalam sistem biologis, logam berat dapat diklasifikasikan sebagai esensial atau non-esensial. Sejumlah kecil logam berat termasuk besi, mangan, tembaga, seng, dan nikel, antara lain, dianggap sebagai logam berat esensial karena dibutuhkan oleh organisme untuk mempertahankan proses fisiologis dan biokimia. Logam berat seperti Pb, Cd, Hg, Cr, dan As yang tidak diperlukan organisme untuk mempertahankan proses fisiologis dan biokimia disebut sebagai logam berat non-esensial. Saat mereka bergerak melalui daerah tropis yang lebih tinggi, unsur-unsur logam berat memiliki potensi untuk terbioakumulasi dan mencapai jumlah besar dalam jaringan hidup (fenomena yang dikenal sebagai biomagnifikasi) (Handayanto, 2017, hlm.1).

3. Toksisitas Logam Berat

Menurut Sutamihardja (2006 dalam Adhani dan Husaini, 2017, hlm. 20) menyatakan bahwa Ada 3 (tiga) kelompok proses toksisitas logam berat pada makhluk hidup, yaitu:

1. Logam berat dapat menggantikan ion logam yang diperlukan yang ditemukan dalam senyawa terkait;
2. Logam berat dapat menutupi aksi kelompok biomolekuler penting untuk sistem metabolisme.
3. Gugus aktif bentuk (konformasi) biomolekul dapat diubah atau dimodifikasi oleh logam berat.

Menurut Darmono, (2001 dalam Adhani dan Husaini, 2017, hlm.21) ada beberapa kategori untuk mengklasifikasikan toksisitas logam berat, yaitu toksikologi dipecah menjadi toksisitas akut, yang tiba-tiba, jangka pendek, dan memiliki efek reversibel, toksisitas kronis, yang bersifat jangka panjang, konsisten, dan terus menerus, serta memiliki efek yang permanen atau ireversibel.

Menurut tempat kerja bahan kimia, ada dua jenis efek toksik: toksisitas lokal (aksi terjadi pada titik aplikasi atau kontak antara toksikan dan sistem biologis) dan toksisitas sistemik (racun diserap oleh tubuh dan didistribusikan seluruh itu dalam darah, di mana akhirnya mencapai organ yang membutuhkannya). Secara khusus, nefrotoksik, hepatotoksik, imunotoksin, neurotoksin, sensitizer alergen, teratogenisitas karsinogenik, yang dapat menimbulkan respons alergi, dan reaksi neurotoksik memiliki efek toksik pada organ.

4. Reaksi Logam Berat Terhadap Tanaman

Paparan tanaman terhadap kadar racun logam berat memicu berbagai perubahan fisiologis dan metabolisme. Namun, logam berat juga berperilaku berbeda dalam menanggapi racun. Berkurangnya pertumbuhan tanaman, termasuk klorosis daun, nekrosis, hawar daun besar, tingkat perkecambahan biji yang lebih rendah, dan kelumpuhan aparatus fotosintesis, yang sering dikaitkan dengan percepatan penuaan atau kematian tanaman, adalah manifestasi fisik yang paling terkenal dari efek keracunan logam berat. Semua efek tersebut terkait dengan perubahan ultrastruktural, biokimiawi dan molekuler pada jaringan dan sel tanaman sebagai alat untuk keberadaan logam berat (Handayanto, 2017, hlm.15). Dengan menggabungkan amandemen tanah umum seperti kapur dan kompos, seseorang dapat mencapai stabilitas logam berat di tempat sambil mencoba mengurangi bioavailabilitas logam dan penyerapannya oleh tanaman (Komarek *et.al.*, 2013 dalam Hidayat, 2015 hlm. 55).

Secara teori, ada dua jenis logam berat dalam tanah: bebas (*mobile*) dan tidak bebas (*fixed*). Logam berat beracun yang berada dalam keadaan bebas dapat diserap oleh tanaman. Ini dapat bergabung dengan nutrisi atau zat organik atau anorganik lainnya dalam bentuk tidak bebasnya. Dalam keadaan ini, logam berat dapat mengganggu ketersediaan nutrisi tanaman serta mencemari hasil pertanian. Ada keseimbangan dalam tanah yang dipengaruhi oleh keberadaan logam berat; keseimbangan ini kemudian diambil oleh tanaman melalui akarnya dan dipindahkan ke tanaman lain (Adhani dan Husaini, 2017, hal .80).

5. Logam Berat dalam Lingkungan Tanah

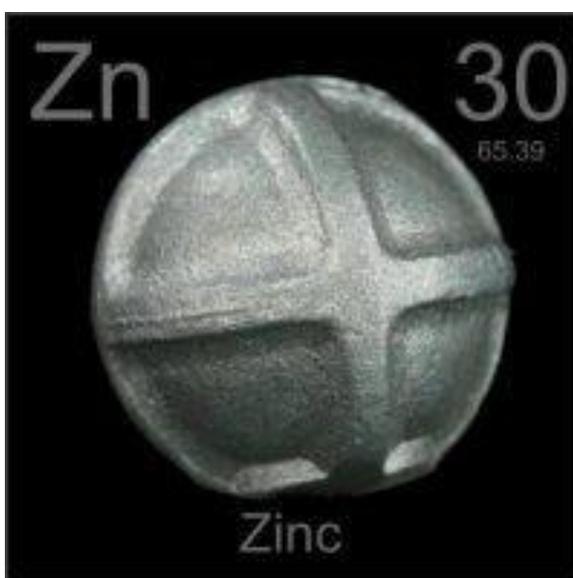
Bahan kimia pertanian yang terbuat dari pupuk sintetis dan insektisida merupakan sumber logam berat di tanah pertanian. Tingkat logam berat dalam tanah telah terbukti meningkat sebagai akibat dari pemupukan kimia (Parkpian et al. 2003; Atafar et al. 2008 dalam Hidayat, 2015 hlm. 53). Kecuali interaksi antar logam yang menghalangi tanaman untuk menyerap logam tersebut, kandungan logam dalam tanah sangat berpengaruh terhadap kandungan logam tanaman yang tumbuh di atasnya. Selain kandungan logam tanah, kimia tanah, jenis logam, spesies tanaman, dan pH tanah semuanya mempengaruhi seberapa banyak logam terakumulasi dalam tanaman (Darmono 1995 dalam Adhani dan Husaini, 2017, hlm. 83).

Menurut D'Amore *et.al.* 2001 dalam Handayanto, 2017, hlm.10), terdapat beberapa penyebab logam berat dapat mencemari tanah, yaitu:

- a. Akumulasi logam berat melalui sirkulasi antropogenik lebih cepat daripada melalui sirkulasi alami,
- b. Logam berat berpindah secara acak dari tambang ke lingkungan lain, sehingga potensi paparan logam berat tinggi,
- c. Konsentrasi logam berat dalam barang-barang manufaktur umumnya lebih tinggi daripada di lingkungan, dan
- d. lebih tersedia secara hayati karena bentuk kimia di mana mereka ditemukan dalam sistem lingkungan yang sesuai. Logam Berat Seng (Zn)

Seng (Zn) adalah logam transisi dengan sifat-sifat sebagai berikut: nomor atom 30, Periode 4, berat atom 65,4 g/mol, Golongan II B, berat jenis 7,14 g/cm³, titik didih 906 °C dan titik leleh 419,5 °C. Seng terjadi secara alami di tanah, sekitar 70 mg/kg di kerak bumi. Konsentrasi seng pada tanah bisa meningkat dengan cepat karena pengaruh antropogenik. Sebagian besar seng memasuki tanah melalui kegiatan industri seperti penambangan batu bara, pengolahan baja dan pembakaran limbah. Banyak makanan yang mengandung seng dalam kadar tertentu. Air minum juga mengandung seng, apalagi jika air dalam kaleng logam itu adalah seng. Seng juga dapat meningkatkan keasaman air. Di tanah seng mengganggu aktivitas cacing tanah dan mikroorganisme yang memperlambat dekomposisi bahan organik (Greany, 2005 dalam Handayanto, 2017, hlm.6).

Sebuah mikronutrien yang disebut seng diperlukan untuk berbagai protein dan enzim dalam aktivitas metabolisme tubuh. Pembuatan karotenoid dan klorofil, yang diperlukan untuk fotosintesis, melibatkan seng. Seng tidak berbahaya bila tertelan dalam jumlah kecil. Namun, mengonsumsi terlalu banyak seng dapat menyebabkan sistem tubuh menjadi tidak berfungsi, yang mengurangi perkembangan dan reproduksi (Susilowati, 2021, hlm. 16). Logam esensial yang digunakan oleh organisme dalam jumlah kecil, namun apabila melebihi nilai baku mutu yang ditetapkan, maka akan berbahaya bagi organisme dan bersifat racun (Dahuri, 2001 dalam B. A. Putra, et al., 2019, hlm. 10).



Gambar 2. 1 Logam Berat Seng (Zn)
(Sumber : Sainskimia.com)

a. Sumber Logam Seng (Zn)

Karena limbah industri, pengelasan logam, dan penyolderan, sumber Zn masuk ke perairan (Manahan, 1994 dalam Adhani dan Husaini, 2017, hlm. 127). Zn dalam setiap hari yang diperlukan oleh tubuh yaitu sebanyak 12-15 mg. Sumber Zn mudah kita dapatkan dari yang kita konsumsi yaitu melalui makanan atau minuman (Adhani dan Husaini, 2017, hlm. 127).

b. Pengaruh Logam Seng (Zn) dalam Tubuh

Konsentrasi tinggi seng logam (Zn) bisa menjadi racun. Keracunan Zn dapat bermanifestasi sebagai mual berkepanjangan, muntah, diare, dan kram perut. Jika gejala-gejala ini tidak segera diatasi, mereka dapat menyebabkan tekanan darah rendah, kejang, penyakit kuning, dan bahkan kematian. Selain itu, batu ginjal, osteomalacia, dan proteinuria semuanya dapat disebabkan oleh toksisitas logam berat seng (Zn). Keracunan kadmium yang serius sering terjadi bersamaan dengan keracunan logam berat dari seng (Zn) (Eamens dkk,1984;Darmono 1995; Adhani dan Husaini, 2017, hlm. 127).

G. Baku Mutu Logam Berat Seng (Zn) dalam Tanah, Air dan Tanaman

Berdasarkan Buku Konservasi Tanah Menghadapi Perubahan Iklim Tahun 2013, hlm. 169, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021, dan Ditjen POM No. 03725/B/SKVII/89, batasan kritis unsur logam berat di air, tanah, dan sayuran telah ditetapkan sebagai berikut :

Tabel 2. 2
Baku Mutu Logam Berat dalam Air, Tanah dan Sayuran

Unsur Logam Berat	Air (mg/L) ¹	Tanah (mg/Kg) ²	Sayuran (mg/Kg) ³
Zn	2,0	70	40

Sumber:¹Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021.

²Ministry of State for Population and Environment of Indonesia, and Dalhousie University Canada (1992) dalam Buku Konservasi Tanah Menghadapi Perubahan Iklim..

³ Dit Jend POM No 03725/B/SKVII/89.

H. Parameter Fisika Dan Kimia

1. Parameter Fisika

a. Suhu udara

Menurut Arif *et.al*, 2021, hlm. 12 mengatakan suhu merupakan salah satu variabel krusial untuk mengetahui perubahan keadaan suatu zat. Dengan menggunakan perbedaan suhu maka bisa diketahui pula perubahan fisiknya. Maka dari itu sangat penting buat mengetahui suhu untuk suatu objek yang dituju. Dalam bidang kesehatan pemantauan suhu mampu menggunakan beberapa cara untuk mengetahui perubahan suhu khususnya pada lingkungan.

Suhu tinggi dan rendah merupakan salah satu faktor yang menentukan pertumbuhan tanaman, reproduksi dan kelangsungan hidup tanaman. Dengan meningkatnya suhu, penyerapan juga meningkat. Sebaliknya jika suhu diturunkan maka penyerapannya akan lebih lambat (Tiro et al., 2017, hlm. 84). Salisbury dan Ross (1995) dalam Mohamad E, 2011 dalam Tiro et al., 2017, hal. 84 menyatakan Suhu lingkungan yang lebih tinggi menyebabkan peningkatan proses fotosintesis dengan demikian penyerapan air oleh tanaman. Di sisi lain, jika suhu rendah penyerapannya juga lambat, karena pada suhu rendah kebutuhan toleransi air otomatis berkurang, dan logam berat diserap tanaman bersama air dan unsur hara. Alexander (2004 dalam Sutan et al., 2018, hlm. 75) menjelaskan kangkung darat tumbuh paling baik pada suhu 20 °C – 30 °C Iklim yang baik, panas dan lembab.

b. Intensitas Cahaya

Lukitasari (2012, hlm. 2) menegaskan hal berikut tentang intensitas cahaya: Sumber energi utama bagi kehidupan adalah sinar matahari. Perkembangan tanaman dipengaruhi oleh kualitas cahaya, tetapi tidak oleh intensitas cahaya. Energi yang diterima tanaman dari cahaya diukur dalam kalori per meter persegi per hari (kal/cm²/hari).. Oleh karena itu, intensitas yang dimaksud meliputi lamanya penyinaran, yaitu lamanya waktu siang hari ketika matahari bersinar. Pada dasarnya, intensitas sinar matahari dapat mempengaruhi karakteristik morfologi tanaman secara nyata. Ini karena intensitas sinar matahari diperlukan untuk karbon dioksida dan air untuk bergabung membentuk karbohidrat.

Salah satu variabel fisik yang mempengaruhi pertumbuhan kangkung adalah intensitas cahaya. Tanaman kangkung tidak memerlukan cahaya yang terlalu panas, menurut Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Bandung yang menyatakan bahwa intensitas cahaya yang ideal untuk tanaman kangkung adalah antara 4305,56 dan 8611,13 (Fadhilillah et al., 2019, hlm 170). Kemudian, Menurut Sutiyoso (2004 dalam (Fitriani et al., 2017, Hlm.7), menegaskan bahwa Sinar matahari memiliki hubungan dekat dengan fotosintesis di dalam tumbuhan yang terjadi di daun. Blok pembangun protein utama yang akan digunakan untuk membuat sel, jaringan, dan organ tanaman dibuat selama fotosintesis dari karbohidrat. Hal ini juga didukung oleh Salisbury dan Ross (1995 dalam Fitriani et al., 2017, hal.7) menegaskan bahwa produktivitas tanaman yang rendah

dihasilkan dari intensitas cahaya yang tinggi yang mengganggu struktur kloroplas, yang mendukung proses metabolisme tanaman. Selain itu menurut Nazaruddin (2003) dalam Fadhlillah dkk., (2019, hlm. 170) Jumlah CO₂ yang diserap oleh stomata tergantung pada jumlah sinar matahari yang mencapai permukaan tanaman; semakin banyak sinar matahari, semakin sedikit curah hujan akan relatif terhadap jumlah CO₂ yang diserap.

2. Parameter Kimia

a. Derajat Keasaman (pH) Tanah

Menurut Anggraini *et.al* (2017, hlm. 100) menjelaskan bahwa aktivitas ion hidrogen berhubungan dengan keasaman atau kebasaan. Potensi elektrokimia yang ada antara larutan di dalam elektroda kaca yang diketahui (membran kaca) dan larutan yang tidak diketahui di luar elektroda kaca memberikan dasar untuk penentuan pH.

Selain itu menurut Siburian *et.al*, 2017 (dalam Ernawati dan Restu, 2021, hlm. 30) menjelaskan sebagai berikut keasaman penting dalam menentukan kegunaan badan air untuk kehidupan biologis dan kegunaan lain, dan sering dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk aktivitas fotosintesis, suhu, dan keberadaan anionik kationik. Perubahan pH menyebabkan perubahan keseimbangan kadar bikarbonat, karbon dioksida dan karbonat di dalam air.

PH tanah atau tingkat keasamannya merupakan salah satu unsur kimia yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman kangkung. PH tanah dapat digunakan sebagai indikator awal untuk mengetahui kesuburan tanah. Tanah asam memiliki kecenderungan untuk membuat nutrisi tanah kurang tersedia. Hal ini dikarenakan pH yang asam menyebabkan kelarutan makronutrien menurun dan kelarutan mikronutrien meningkat (Nuro et al., 2016, hlm. 34). Kemudian menurut Firman (2012) dalam (Rahmah et al., 2018, hlm. 72) menyatakan bahwa Karena larutan tanah mengandung unsur hara seperti nitrogen (N), kalium/kalium (K), dan fosfor (P), yang penting untuk pertumbuhan, perkembangan, dan perkembangan tanaman, pH tanah, atau pH larutan tanah, sangat penting. . ketahanan terhadap penyakit Nitrogen (dalam bentuk nitrat) tersedia bagi tanaman jika pH larutan tanah melebihi 5,5, maka unsur N dan pH tanah sangat penting untuk

kelangsungan hidup kangkung darat. Menurut Sutan et al. (2018, hlm. 73) Baik kangkung darat maupun kangkung dapat tumbuh paling baik di lingkungan yang kaya bahan organik dan memiliki kisaran pH 5,5 hingga 6,5 dan kisaran suhu 200 hingga 300 oC. Selain itu, cuaca panas dan lembab berkontribusi pada pertumbuhan kangkung dan kangkung yang ideal. Jika ditanam di tempat yang teduh, kangkung dan kangkung tumbuh dengan cepat, cabangnya lebih sedikit, dan daunnya berwarna gelap.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan kangkung berhubungan langsung dengan kondisi fisik dan kimia tanaman. Variabel-variabel tersebut akan mendukung seberapa banyak kandungan seng (Zn) yang terkandung dalam sayuran kangkung darat diserap.

Tabel 2. 3
Baku Mutu Parameter Fisika dan Parameter Kimia

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
Suhu Udara	°C	20 °C – 30 °C
Intensitas Cahaya ²	Lux	4305,56 - 8611,13
pH Tanah ³	-	5,5 – 6,5

Sumber : ¹ Sutan et al., 2018

² Fadhlillah et al., 2019

³ Sutan et al., 2018

I. Lokasi Penelitian

Kecamatan Margaasih merupakan salah satu kawasan industri di Kabupaten Bandung dengan luas wilayah 290,435 Ha. Kawasan industri di Margaasih sebagian besar usaha dalam bidang tekstil produk tekstil (TPT) dan garmen. Kabupaten Bandung mendominasi kedua sektor industri. Sebelumnya, Badan Perencanaan dan Pembangunan Kabupaten Bandung atau BAPPEDA saat ini tengah menggalakkan penataan ruang kawasan industri Kecamatan Margaasih Kabupaten Bandung sebagai kawasan terpadu di dalam wilayahnya.

Kehadiran industri tekstil di Kecamatan Margaasih telah mengakibatkan pencemaran sungai Citarum. Sungai Citarum merupakan salah satu sungai di Jawa Barat dan menjadi sumber penghidupan bagi jutaan makhluk yang hidup di sekitarnya. Apabila air sungai Citarum tercemar maka makhluk hidup yang

menggunakan air tersebut akan terkontaminasi. Salah satu limbah yang mencemari sungai Citarum yaitu logam berat. Air dari sungai Citarum akan masuk kedalam sistem irigasi, yang nantinya akan mengairi salah satunya pertanian yang ada di kawasan margaasih, yang mana hasil dari produksi pertanian tersebut akan diedarkan ke pasar caringin yang nantinya akan dikonsumsi oleh masyarakat yang akan berbahaya bagi kesehatan. Selanjutnya masalah tersebut menjadi dasar dilakukannya penelitian terhadap pengujian kandungan logam berat seng (Zn) di kawasan industri Kecamatan Margaasih Kabupaten Bandung. Lokasi penelitian menggunakan sistem Plot, terdiri dari 3 Plot berdasarkan titik terdekat masuknya (*Inlet*) masuknya air, titik tengah pusat masuknya air dan lokasi terjauh dari pusat masuknya (*Outlet*) air irigasi yang bersumber dari salah satu anak sungai Citarum yaitu sungai Cibaligo.



Gambar 2. 2
Lokasi Penelitian
(Sumber : Dokumen Pribadi)

J. Metode Analisis Logam Berat Seng (Zn) Dengan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS)

Menurut Dewi, 2009 (dalam Sa'adah *et.al*, 2014, hlm. 189) mengungkapkan bahwa “Spektrofotometri Serapan Atom adalah alat untuk menganalisis logam berat, seperti Zn, Cu, Pb, Fe, dan lain-lain, dengan menggunakan teknik analisis yang menggunakan atom yang tidak tereksitasi untuk menyerap radiasi elektromagnetik. Analisis Zn menggunakan AAS dengan panjang gelombang 213,9 nm”

Menurut Salam *et.al* (2019, hlm. 3) pada jurnalnya mengemukakan prinsip kerja mengenai *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) yaitu

Spektrofotometer (AAS) pada dasarnya bekerja berdasarkan prinsip bahwa atom yang dilepaskan oleh nyala api menyerap panjang gelombang cahaya tertentu. Secara rinci, prosesnya dimulai dengan sampel untuk dianalisis dalam bentuk cair, yang kemudian dihisap ke dalam nebulizer, yang diubah menjadi partikel kecil (aerosol) menggunakan udara bertekanan yang mengalir dari kompresor. Partikel kemudian dipecah lagi menggunakan spoiler untuk menghasilkan partikel yang lebih kecil dan lebih halus, sedangkan partikel yang lebih besar akan dikeluarkan melalui saluran pembuangan. Partikel yang lewat akan bercampur dengan udara dan bahan bakar (gas asetilen). Partikel yang dicampur dengan udara dan bahan bakar kemudian melewati kapiler ke nyala api. Setelah di nyalakan, partikel dibakar dalam tungku dengan tujuan memecahnya menjadi atom gas. Partikel yang dijadikan atom kemudian disinari pada panjang gelombang tertentu tergantung pada elemen dari lampu katoda berongga. Ketika atom-atom ini disinari, sebagian cahaya ditransmisikan dan sebagian diserap oleh atom, atom yang menyerap cahaya mengeksitasi elektronnya untuk jangka waktu tertentu, dan kemudian elektron kembali ke tingkat energi dasarnya (keadaan dasar) sambil melepaskan energi. Cahaya yang melewati nyala api akan melewati celah yang meluruskan cahaya yang masuk menuju monokromator. Monokromator di sini bertindak untuk mengisolasi panjang gelombang yang tidak sesuai dengan panjang gelombang unsur-unsur dalam sampel. Cahaya dari monokromator kemudian ditangkap oleh detektor, setelah itu cahaya dengan panjang gelombang yang sesuai diubah menjadi sinyal listrik yang dibaca oleh peralatan komputer. Sinyal listrik yang dibaca oleh peralatan komputer bukan sebagai berkas cahaya yang ditransmisikan (ditransmisikan), tetapi sebagai nilai absorbansi atom. Hal inilah yang terjadi pada spektrofotometer (AAS), sehingga nilai yang terbaca adalah nilai absorbansi unsur dalam sampel..

Menurut Sa'adah (2014, hlm. 183) mengatakan metode AAS pada Analisis Zn memiliki panjang gelombang 213,9 nm. Kemudian, Nilawati (2011 dalam Zumrotus Sa'adah, 2014, hlm. 183) mengatakan penggunaan metode destruksi basah AAS untuk mengoksidasi larutan HNO₃ untuk menganalisis keberadaan logam berat seng (Zn) pada tanaman trembes. Akibatnya, tanaman Trembesi memiliki konsentrasi logam seng (Zn) sebesar 321,3 ppm..

K. Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 4
Penelitian Terdahulu

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	M. Yusuf, Kiki Nurtjahja, Rosliana Lubis, Sabaruddin pada tahun 2016	Analisis Kandungan Logam Pb, Cu, Cd Dan Zn Pada Sayuran Sawi, Kangkung Dan Bayam Di Areal Pertanian Dan Industri Desa Paya Rumput Titipapan Medan	Desa Paya Rumput Titipapan Medan	Metode penelitian berdasarkan metode deskriptif analisis kuantitatif, sedangkan analisis sampel menggunakan metode <i>Atomic Absorption Spectrofotometer</i> (AAS)	Kandungan logam tembaga (Cu) pada sawi (<i>Brassica rapa</i>), bayam (<i>Amaranthus tricolor</i>) dan kangkung darat (<i>Ipomoea reptans</i>) yang terkandung dalam ketiga sayuran tersebut masih dalam batas maksimal yang diperbolehkan yaitu 1 mg/kg yang diatur dalam Direktur jendral POM No 30752/B/SK/VII/89. Menurut Direktur jendral POM No 30752/B/SK/VII/89 dan keruputusan Direktur Jendral SNI, yang disebut tidak maan melebihi batas meksimum yang diijinkan. logam timbal (Pb) di kangkung darat (<i>Ipomoea reptans</i>) 5 mg/kg, bayam (<i>Amaranthus tricolor</i>) 6 mg/kg. Logam kandium (Cd) terdapat 3 mg/kg pada sayuran kangkung darat (<i>Ipomoea reptans</i>) dan 3 mg/kg bayam (<i>Amaranthus tricolor</i>). Logam seng (Zn) terdapat pada bayam (<i>Amaranthus tricolor</i>) 53	<ol style="list-style-type: none"> 1. Logamnya yang dianalisis seng (Zn) 2. Menggunakan metode yang sama yaitu metode AAS. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode penelitian pada penelitian terdahulu deskriptif analisis kuantitatif 2. tidak menganalisis tanah dan air irigasi terhadap konsentrasi logam seng (Zn).

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
					mg/kg dan kangkung darat (<i>Ipomoea reptans</i>) 82 mg/kg.		
2.	Veny Wijayanti Candra, Pirim Setiarso pada tahun 2015	Penentuan Logam Zn Pada Tanaman Kangkung Secara Voltametri Siklik Menggunakan Elektroda Pasta Karbon Termodifikasi Bentonit	-	Analisis logam Zn pada tanaman kangkung dengan metode voltametri siklik	Sampel kangkung Konsentrasi Zn pada kangkung diperoleh dengan memasukkan nilai Ipc masing-masing sampel ke dalam persamaan $y = -0,00064976 - 0,000172738x$ yang diperoleh dari kurva standar. Berdasarkan perhitungan tersebut, rata-rata konsentrasi Zn adalah 11,407 ppm	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menganalisis kandungan logam seng (Zn). 2. Sampel yang digunakan sayuran kangkung. 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Menggunakan metode voltametri siklik 4. Menggunakan instrumen IPC
3.	Norma Arinda Kesuma, Sulistiyani, Budiyo pada tahun 2016	Analisis Risiko Kandungan Zinc (Zn) Dalam Kepiting Bakau Di Sungai Tapak Kota Semarang	Wilayah Tapak Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang	Pengujian <i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i> (AAS)	kandungan seng (Zn) pada kepiting bakau Sungai Tapak ditetapkan sebesar 21,43 mg/kg, dan kandungan seng pada air Sungai Tapak sebesar 0,007 mg/L. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, kandungan seng pada rajungan berada di atas baku mutu, yaitu 0,05 mg/kg. Sementara itu, kandungan seng pada air Sungai Tapak lebih rendah dari baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, yaitu 0,05	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan metode analisis data AAS 2. Pengukuran kadar logam seng (Zn). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penelitian terdahulu menggunakan sampel kepiting bakau

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
					mg/L. Bahaya kadar seng pada keping tidak berbahaya untuk paparan waktu nyata, karena kadar seng baru dapat menyebabkan efek akut pada konsentrasi 300-360 mg/kg. Sedangkan risiko paparan seng seumur hidup pada keping tidak mungkin menimbulkan efek kronis selama 50 tahun ke depan		

Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya yang berkaitan dengan analisis logam seng (Zn). Penelitian terdahulu berfungsi memberikan gambaran dalam penelitian ini. Adapun beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini diantaranya :

1. Penelitian terdahulu yang dapat dijadikan sebagai referensi ditulis oleh M. Yusuf, Kiki Nurtjahja, Roslana Lubis dan Sabaruddin pada tahun 2016 dengan judul “Analisis Kandungan Logam Pb, Cu, Cd Dan Zn Pada Sayuran Sawi, Kangkung Dan Bayam Di Areal Pertanian Dan Industri Desa Paya Rumput Titipapan Medan”. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa Kandungan logam tembaga (Cu) pada sawi (*Brassica rapa*), bayam (*Amaranthus tricolor*) dan kangkung darat (*Ipomoea reptans Poir.*) yang terkandung dalam ketiga sayuran tersebut masih dalam batas maksimal yang diperbolehkan yaitu 1 mg/kg yang diatur dalam Direktur jendral POM No 30752/B/SK/VII/89. Menurut Direktur jendral POM No 30752/B/SK/VII/89 dan keruputusan Direktur Jendral SNI, yang disebut tidak maan melebihi batas meksimum yang diijinkan. logam timbal (Pb) di kangkung darat (*Ipomoea reptans Poir.*) 5 mg/kg, bayam (*Amaranthus tricolor*) 6 mg/kg. Logam kadium (Cd) terdapat 3 mg/kg pada sayuran kangkung darat (*Ipomoea reptans Poir.*) dan 3 mg/kg bayam (*Amaranthus tricolor*). Logam seng (Zn) terdapat pada bayam (*Amaranthus tricolor*) 53 mg/kg dan kangkung darat (*Ipomoea reptans Poir.*) 82 mg/kg.
2. Penelitian seupa juga dilakukan oleh Veny Wijayanti Candra, Pirim Setiarso pada tahun 2015 dengan judul “Penentuan Logam Zn Pada Tanaman Kangkung Secara Voltametri Siklik Menggunakan Elektroda Pasta Karbon Termodifikasi Bentonit”. Dengan hasil penelitian bahwa Sampel kangkung Konsentrasi Zn pada kangkung diperoleh dengan memasukkan nilai Ipc masing-masing sampel ke dalam persamaan $y = -0,00064976 - 0,000172738x$ yang diperoleh dari kurva standar. Berdasarkan perhitungan tersebut, rata-rata konsentrasi Zn adalah 11,407 ppm.
3. Selanjutnya penelitian serupa dilakukan oleh Norma Arinda Kesuma, Sulistiyani, Budiyono pada tahun 2016 dengan judul “Analisis Risiko Kandungan Zinc (Zn) Dalam Kepiting Bakau Di Sungai Tapak Kota

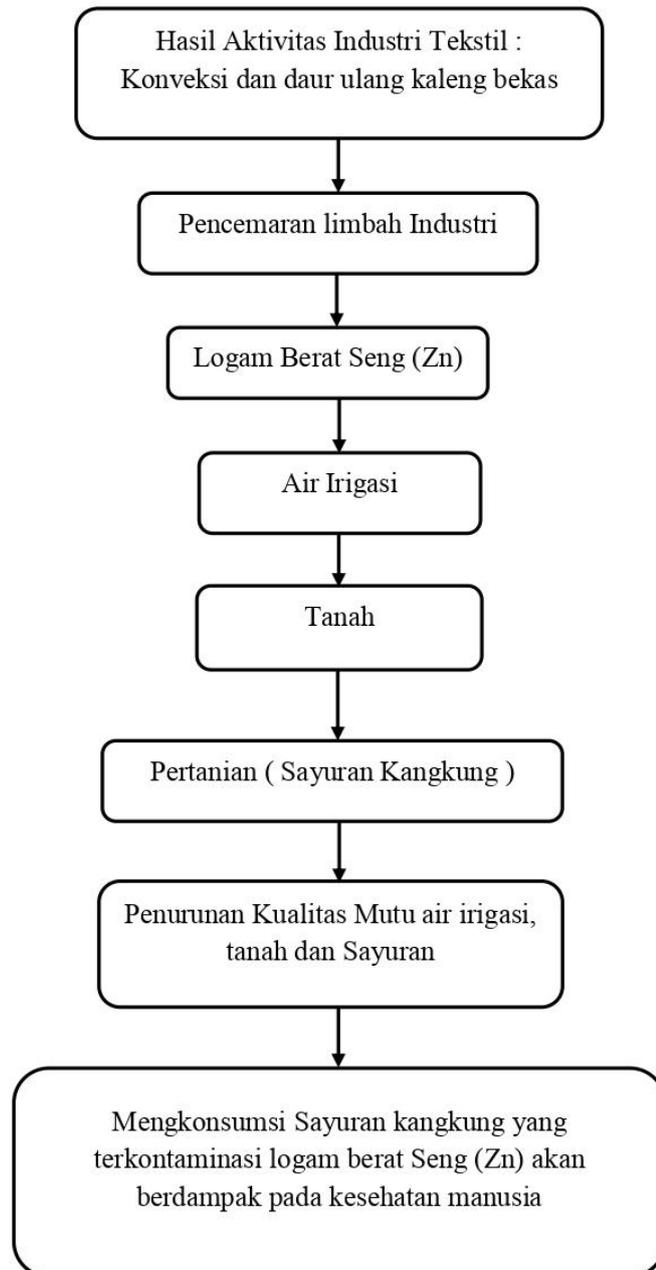
Semarang”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan seng (Zn) pada kepiting bakau Sungai Tapak ditetapkan sebesar 21,43 mg/kg, dan kandungan seng pada air Sungai Tapak sebesar 0,007 mg/L. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, kandungan seng pada rajungan berada di atas baku mutu, yaitu 0,05 mg/kg. Sementara itu, kandungan seng pada air Sungai Tapak lebih rendah dari baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, yaitu 0,05 mg/L. Bahaya kadar seng pada kepiting tidak berbahaya untuk paparan waktu nyata, karena kadar seng baru dapat menyebabkan efek akut pada konsentrasi 300-360 mg/kg. Sedangkan risiko paparan seng seumur hidup pada kepiting tidak mungkin menimbulkan efek kronis selama 50 tahun ke depan.

Berdasarkan uraian penelitian terdahulu yang berkaitan dengan analisis logam berat seng pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan (Zn). Secara umum, korelasi antara tiga penelitian telah dilakukan yang berkaitan dengan penelitian masa depan penulis. Identifikasi kandungan logam berat seng merupakan salah satu faktor penelitian yang memiliki arti yang sangat dekat seng (Zn).

L. Kerangka Pemikiran

untuk kehidupan laut racun dapat dihasilkan oleh logam berat dari pembuangan limbah industri di sepanjang pantai utara (Hananingtyas, 2017, hlm. 41). Jika seng digunakan dalam proses produksi semua domain industri, sumber paparan seng dapat terjadi. Logam seng sering masuk ke dalam tubuh organisme melalui makanan dan air, yang kemudian melalui proses biotransformasi dan bioakumulasi (Palar 2008 dlm NK Dewi, dkk, 2012, hlm. 109). Jika hewan atau manusia mengkonsumsi tanaman yang telah menyerap unsur-unsur dari tanah yang telah sangat terkontaminasi dengan logam seng (Zn), dapat mengakibatkan berbagai masalah kesehatan (Novitasari, *et.al*, 2017).

Hasil ini menunjukkan bahwa logam berat yang masuk ke badan sungai memiliki kemampuan untuk menurunkan kualitas air, yang nantinya akan mempengaruhi sayuran, khususnya sayuran kangkung yang ditanam di dekat sungai, yang nantinya akan dikonsumsi oleh masyarakat dan pada akhirnya akan mengakibatkan gangguan kesehatan di sungai. masyarakat.



Gambar 2. 3 Kerangka Pemikiran
(Sumber : Dokumen Pribadi)

M. Keterkaitan Hasil Penelitian dengan Pembelajaran Biologi

Temuan penelitian ini dapat menjadi contoh bagi siswa dalam pelajaran biologi tentang masalah pencemaran logam berat yang dapat merugikan kesehatan manusia. Informasi dari penelitian ini meliputi informasi tentang pH tanah, suhu udara dan intensitas cahaya, serta kadar logam berat dalam air irigasi, tanah, dan tanaman kangkung. Di kawasan industri Kecamatan Margaasih, Kabupaten Bandung, air irigasi, tanah, dan sayuran kangkung semuanya mengandung logam berat seng (Zn). Hasil penelitian kaitannya dengan pembelajaran yaitu bahwa hasil penelitian ini dapat dijadikan contoh nyata lingkungan yang terkontaminasi akibat pencemaran yang bisa menyebabkan kerusakan pada lingkungan.

Informasi dari penelitian ini dapat dikonsultasikan atau digunakan untuk mengajar biologi. Kompetensi Dasar Kelas X semester II berisi materi ajar pencemaran lingkungan yang dapat terjadi berdasarkan Kurikulum 2013 (KD) 3.11 Menganalisis data perubahan lingkungan, penyebab dan dampak bagi kehidupan dan Kompetensi, dan kompetensi dasar (KD) 4.11 Merumuskan gagasan pemecahan masalah perubahan lingkungan yang terjadi di lingkungan sekitar.