

BAB II

TINJUAN TEORI PENCEMARAN LINGKUNGAN, LOGAM BERAT, AIR IRIGASI, TANAH DAN SAYURAN BAYAM

A. Industri

Pesatnya perkembangan ilmu teknologi saat ini sangat memudahkan manusia untuk mendayagunakan lingkungan, salah satunya yaitu dengan membangun industri (Cartono, 2005 hlm. 260). I Made Sandi dalam berpendapat tentang pengertian industri, bahwa industri merupakan sebuah usaha yang bertujuan untuk membuat barang jadi yang memakai bahan dasar dengan pembuatan dalam skala besar, sehingga barang yang dibuat dengan harga yang rendah tetapi mendapat kualitas yang tinggi. Sedangkan Undang-Undang Republik Indonesia No. 5 Tahun 1984 tentang perindustrian menjelaskan industri sebagai aktivitas perniagaan yang memproduksi bahan mentah, bahan dasar, barang setengah jadi, dan atau barang jadi menjadi barang dengan nilai jual tinggi yang dapat digunakan, termasuk kegiatan merancang-membangun serta rekayasa industri. Berdasarkan penjelasan diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa industri termasuk dalam salah satu bidang produksi yang memproduksi suatu barang mentah menjadi barang siap pakai.

Manusia memiliki keinginan untuk selalu meningkatkan kualitas hidup dan memenuhi kebutuhan hidup dengan mengembangkan industri yang menyebabkan semakin terbatasnya sumber daya alam dan meningkatnya limbah. Alhasil limbah yang dihasilkan tidak dapat diuraikan kembali oleh alam yang akan memicu terjadinya pencemaran (Rochmad et al., 2019 hlm. 2). Hal serupa juga disampaikan oleh Slamet (2011 hlm. 33) bahwa semakin banyak industri, akan semakin cepat proses produksi kebutuhan manusia, semakin cepat pula bahan baku alam habis, yang mana dapat memicu perbanyakan bahan buangan/limbah yang dibuang ke alam. Limbah dan polutan sebagai *entropy* (kerugian energi) merupakan salah satu hasil dari aktivitas industri yang biasanya dilepas ke udara, air dan juga pada tanah (Reda Rizal, 2017 hlm. 64). “Polutan adalah suatu zat yang apabila masuk ke lingkungan akan menyebabkan kerusakan dalam jangka panjang yang akan

menumpuk di lingkungan seiring berlalunya waktu dan akan mengakibatkan kerusakan meningkat seiring dengan meningkatnya kuantitas mereka” (Chaudry & Malik, 2017 hlm. 1). Masuknya bahan pencemar atau polutan kedalam sebuah ekosistem dapat menjadi salah satu bentuk masalah pencemaran (Rochmad et al., 2019 hlm. 6). Muntaha (2021 hlm. 10) dalam bukunya yang berjudul “*Pencemaran Lingkungan*” mengemukakan bahwa suatu zat atau suatu bahan dapat disebut sebagai polutan jika memenuhi beberapa syarat berikut ini :

1. Jika jumlahnya melebihi ambang batas maksimal, maka keberadaan unsur tersebut dapat merugikan organisme lain.
2. Tidak berada pada tempat yang seharusnya.
3. Tidak berada pada waktu yang tepat.

B. Pencemaran Lingkungan

1. Pengertian Pencemaran Lingkungan

Undang-Undang Republik Indonesia No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Bab I Pasal 1 Ayat 14, mendeskripsikan mengenai pencemaran lingkungan, yang mana merupakan masuk atau masuknya organisme hidup, unsur, energi atau unsur lainnya ke dalam lingkungan hidup yang disebabkan oleh aktivitas manusia yang melebihi baku mutu lingkungan hidup yang telah ditentukan. Pendapat serupa disampaikan oleh Dewata & Danhas (2018 hlm. 35) bahwa pencemaran lingkungan merupakan dimasukan atau masuknya makhluk hidup atau unsur lainnya dalam lingkungan hidup yang disebabkan oleh aktivitas manusia yang melewati ambang batas lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Sedangkan menurut Mulyadi & Sutrisno (2010 hlm. 163) pencemaran lingkungan dapat terjadi apabila di dalam lingkungan tersebut terdapat bahan/zat yang dapat menimbulkan perubahan yang tidak diperlukan sehingga dapat mengganggu kesehatan, keberadaan manusia, dan kegiatan manusia serta makhluk hidup lainnya. Pendapat yang sama juga dikemukakan oleh Rochmad et al., (2019 hlm. 6) bahwa pencemaran dapat terjadi apabila jumlah polutan dalam suatu lingkungan telah melebihi batas kapabilitas ekosistem untuk mengembalikan keadaannya sendiri, atau dapat disebut juga melebihi kemampuan lingkungan itu sendiri. Simpulan mengenai pengertian

pencemaran berdasarkan kutipan-kutipan diatas, bahwa pencemaran lingkungan merupakan suatu kondisi dimana suatu lingkungan dimasuki oleh makhluk hidup, zat atau unsur lain dengan jumlah yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan yang dapat merugikan/membahayakan lingkungan.

2. Macam-macam Pencemaran

Berdasarkan tempat terjadinya, pencemaran dibagi menjadi 4 macam, yaitu pencemaran air, udara, tanah dan suara (bunyi).

a. Pencemaran Air

Air adalah sumber daya alami yang bisa diperbaharui, tapi air akan bisa dengan mudah tercemari oleh kegiatan manusia (Irianto, 2015 hlm. 17). Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor : KEP-02/MENKLH/I/1988 Tentang Penetapan Baku Mutu Lingkungan menjelaskan definisi pencemaran air, yaitu dimasukan atau masuknya makhluk hidup, zat, energi dan atau unsur-unsur lainnya ke dalam air dan / atau adanya perubahan bentuk air yang disebabkan oleh aktifitas manusia atau dapat juga disebabkan oleh proses alamiah, yang menyebabkan kualitas air menurun sampai kepada tingkat tertentu yang dapat membuat air menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sebagaimana fungsinya. Muntaha (2021 hlm. 22) menjelaskan bahwa pencemaran air dapat terjadi secara langsung yang umumnya diakibatkan oleh buangan limbah dari aktifitas industri, pertanian, dan rumah tangga seperti sampah ataupun senyawa organik (dedaunan dan sisa makanan), sabun, deterjen, dan kertas, sedangkan pencemaran air secara tidak langsung dapat diakibatkan oleh masuknya resapan unsur kimia beracun yang asalnya dari tumpukan limbah pertanian, limbah industri dan limbah rumah tangga kedalam sungai, lautan, saluran air, danau, waduk, sumur atau perairan lainnya.

Mulyadi (2007 hlm. 126) dalam bukunya yang berjudul *Pengetahuan Lingkungan* menjelaskan indikator atau tanda bahwa suatu lingkungan air dapat dikatakan tercemar apabila adanya perubahan pada suhu air, berubahnya derajat keasamaan (pH) atau konsentrasi ion Hidrogen, berubahnya warna, bau dan rasa air, munculnya endapan, koloidal dan bahan-bahan terlarut, terdapat mikroorganisme serta adanya kenaikan radioaktivitas air lingkungan.

b. Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah perbuatan manusia yang menyebabkan masuknya makhluk hidup, zat, energi atau unsur-unsur lain kedalam udara, yang bisa menurunkan mutu udara yang mencapai pada tahap tertentu dan membuat udara tidak dapat menjalankan fungsinya (Reda Rizal, 2017 hlm. 50). Pencemaran udara terjadi apabila terdapat penambahan zat ke udara atau bahan kimia yang membahayakan kehidupan (Cartono, 2005 hlm. 262). Sedangkan menurut Irianto (2015 hlm. 26) pemicu pencemaran udara oleh alam diantaranya disebabkan oleh kebakaran hutan, taransmisi benang sari dari beberapa macam bunga, pengikisan tanah oleh angin, gunung meletus, evaporasi beberapa macam bahan organik, dan radio aktivitas secara alamiah.

Sudjoko et al., (2009 hlm. 110) dalam bukunya yang berjudul *Pendidikan lingkungan Hidup*, menjelaskan bahwa :

“Pencemaran udara bisa terjadi dikarenakan kejadian alam yang memang bersifat alamiah, yakni seperti hujan abu yang disebabkan oleh gunung meletus, suhu dan gelombang panas, asap yang disebabkan kebakaran hutan dan lain-lain. Pencemaran udara yang ditimbulkan oleh peristiwa alami dapat kembali ke keseimbangan. Namun, pada era manusia mengembangkan teknologi (eksploitasi), pencemaran udara lebih banyak diakibatkan oleh limbah dari aktivitas teknologi yang dibuang ke lingkungan udara”.

c. Pencemaran Tanah

Tanah adalah campuran dari beraneka ragam mineral, bahan organik, dan air yang berfungsi menunjang kehidupan tumbuhan (Irianto, 2015 hlm. 39). Pencemaran pada tanah dapat bersumber dari buangan rumah tangga, aktifitas pertanian dan pertambangan (Aryulina et al., 2007 hlm. 309). Adanya pencemaran pada tanah dapat diakibatkan oleh limbah domestik, limbah pertanian, limbah industri dan limbah hasil pertambangan yang dibuang langsung ke tanah (Surtikanti, 2009 hlm. 108). Suatu tanah bisa dikatakan tercemar jika tanah tersebut tidak bisa lagi dimanfaatkan untuk keperluan manusia. Keperluan yang dimaksud salah satunya yaitu bertani. Selain dari itu, tanah yang tandus juga dapat menjadi tanda bahwa tanah tersebut telah tercemar (Rofik & Mokhtar, 2021 hlm. 104).

d. Pencemaran Suara (Bunyi)

Pencemaran suara diakibatkan oleh adanya suara gaduh yang terjadi secara terus menerus, yang menimbulkan gangguan terutama pada sistem pendengaran (Cartono, 2005 hlm. 262). Suara gaduh tersebut dapat disebabkan oleh alat-alat listrik, mesin yang dipakai di pabrik, mesin pesawat, dan lain sebagainya. Bising/suara yaitu paduan beraneka ragam suara yang tidak diharapkan atau yang dapat mengganggu kesehatan (Slamet, 2011 hlm. 79). Secara kasatmata pencemaran suara tidak dapat dikategorikan karena adanya sejumlah bahan berbahaya yang dapat merugikan/membahayakan kehidupan, tetapi tetap merupakan suatu kondisi yang dapat merugikan/membahayakan kehidupan (Rochmad et al., 2019 hlm. 51)

C. Logam berat

1. Pengertian Logam Berat

Logam merupakan unsur yang memiliki daya hantar listrik yang sangat tinggi, memiliki fleksibilitas, dan kilap, yang dapat membentuk ion (kation) untuk bisa memiliki sebuah ikatan logam (Khlif et.al, 2010, dalam Adhani, Rosihan., 2017 hlm. 13). Logam berat biasanya dikenal sebagai unsur logam bermolekul tinggi yang mempunyai berat jenis (*specific gravity*) melebihi baku mutunya yaitu 5g/cm^3 yang dapat mengganggu keseimbangan lingkungan dan makhluk hidup lain (Connel & Miller, 2006 dalam Hanapi et al., 2019 hlm. 251). Margareta (2019 hlm. 18), menyampaikan bahwa logam berat adalah materi alami yang terdapat dalam tanah yang tidak dapat dihabiskan (non degradeble) ataupun dimusnahkan. Pendapat serupa dikemukakan oleh Yudo (2006 dalam Adhani, Rosihan., 2017 hlm. 14) bahwa logam berat ialah senyawa alami yang terkandung dalam kerak bumi, mereka tidak bisa dihabiskan atau dimusnahkan, dan termasuk unsur berbahaya karena bisa menimbun dalam tubuh organisme.

Logam berat ialah unsur logam esensial yang dibutuhkan oleh tubuh makhluk hidup, tetapi beberapa diantaranya dapat menjadi racun bagi tubuh jika melebihi kadar tertentu (Tumenbayar *et al.*, 2006 dalam Adhani, Rosihan., 2017 hlm. 167). Logam berat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu logam berat esensial dan *non*-esensial. Logam berat esensial adalah komponen penting yang

dibutuhkan organisme hidup tetapi dalam skala yang sedang seumpama *trace element*, logam berat esensial diantaranya yakni Cu, Se, Fe dan Zn diperlukan untuk membantu proses metabolisme pada tubuh organisme hidup. Kebalikannya, logam berat yang *non-esensial* (elemen mikro) merupakan komponen yang berbahaya hingga dapat memicu keracunan (*toxic*) pada tubuh organisme. Logam yang termasuk logam non-esensial yaitu Timbal (Pb), Merkuri (Hg), Arsenik (As) dan Kadmium (Cd). Begitu pula menurut Yudo (2006 dalam Hindratmo et al., 2019 hlm. 30) bahwa logam berat adalah komponen pencemar yang berbahaya karena mempunyai sifat tidak dapat habis secara alamiah dan dapat tertimpun dalam air, lumpur perairan, dan tubuh makhluk hidup.

2. Toksisitas Logam Berat

Logam berat yang masuk ke dalam tubuh manusia sangat berbahaya bagi kesehatan. Seperti yang dikatakan oleh Pratiwi (2020 hlm. 60) bahwa logam berat bisa menghambat kerja enzim yang menyebabkan metabolisme tubuh terganggu. Adanya logam berat dalam lingkungan dapat menimbulkan bahaya terhadap kesehatan manusia, seperti yang dijelaskan oleh Putra & Mairizki (2020 hlm. 48) bahwa kesediaan logam berat di alam dapat menyebabkan efek negatif terhadap manusia seperti menyebabkan *Labioplatoschizis*, kerusakan saraf, kecacatan pada bayi serta terhambatnya kekebalan tubuh. Hal tersebut dapat mengindikasikan bahwa logam berat dapat meracuni tubuh manusia jika terakumulasi pada jangka waktu yang lama. Logam berat bisa masuk ke dalam tubuh manusia lewat air minum, makanan dan udara (Kuswadi et al., 2017 hlm.)

D. Logam Berat Tembaga (Cu)

Tembaga merupakan suatu senyawa kimia yang termasuk dalam tabel, mempunyai lambang Cu dan nomor atom 29, massa atom 63,546, titik lebur 1083 °C, titik didih 2595 °C, jari-jari atom 1,173 Å dan jari-jari ion Cu²⁺ 0,96 Å (Handayanto et al., 2017 hlm. 7). Lambang Tembaga (Cu) berasal dari bahasa Latin yaitu "*Cuprum*". Logam tembaga dikenal sebagai logam yang dapat melaukan perpindahan panas dan listrik dengan sangat baik. Selain itu unsur logam golongan I B ini mempunyai waktu korosi yang terbilang cepat. Tembaga

(Cu) merupakan mikronutrien esensial yang berfungsi sebagai biokatalis, diperlukan untuk pigmentasi tubuh (Latif, 2018 hlm. 4). Tembaga (Cu) termasuk unsur logam yang berupa kristal dan berwarna merah (Fatma et al., 2021 hlm. 75).



Gambar 2.1. Logam Tembaga (Cu)
(Sumber : id.wikipedia.org)

1. Ambang Batas Kandungan Logam Tembaga (Cu)

a. Ambang batas kandungan logam Berat Tembaga (Cu) pada air irigasi

Air irigasi yang dipakai untuk pertanian selayaknya mencukupi baku mutu air irigasi yang dicantumkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021 tergolong kedalam kelas IV supaya kualitas air irigasi layak dijadikan sumber pengairan untuk tanaman. PP Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021 menetapkan batas kritis kandungan Tembaga (Cu) dalam air yaitu sebesar 0,2 mg/L. Begitu pula menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 menetapkan batas kritis kandungan Tembaga (Cu) dalam air yaitu sebesar 0,2 mg/L.

b. Ambang batas kandungan logam Berat Tembaga (Cu) pada Tanah

The USEPA (2010 dalam Abraham & Gholap, 2021 hlm. 211) menetapkan batas kritis kandungan logam berat Tembaga (Cu) pada tanah sebesar 50 mg/kg. Sumber pencemar logam berat dapat berusul dari udara serta air yang mencemari tanah (Sundari et al., 2016 hlm. 56). Hasil penelitian Sukamto (1995) dalam Khairuddin *et al.*, (2017 hlm. 309) mengatakan bahwa besarnya kandungan logam berat pada media tanam dapat berpengaruh terhadap penyerapan logam pada tanaman, yang mana jumlah kandungan logam yang ada dalam media tanam akan sebanding dengan kandungan logam yang diserap oleh tanaman. Maka dari itu

kandungan logam berat pada tanah tidak boleh melebihi ambang batas yang telah ditentukan.

c. Ambang batas kandungan logam Berat Tembaga (Cu) pada Bayam

Direktorat jendral Pengawasan Obat dan Makanan (POM) RI dalam Fatma et al. (2021 hlm. 75) telah menentukan batas maksimum kandungan logam berat tembaga dalam sayuran bayam yaitu 50 mg/Kg. Sedangkan FAO/WHO dalam Abraham & Gholap, 2021 hlm. 214 menyatakan bahwa “*maximum permissible values of heavy metals copper in vegetables is 73.3 mg/Kg*”.

Tabel 2.1 Baku Mutu Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu)

Unsur Logam Berat	Air Irigasi	Tanah	Sayuran Bayam
Baku mutu	0,2 mg/L	50 mg/Kg	50 mg/Kg
Sumber	Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021	USEPA (2010 dalam Abraham & Gholap, 2021 hlm. 211)	Dirjen Pengawasan Obat dan Makanan (POM) RI

2. Dampak Kelebihan Logam Berat Tembaga (Cu)

Logam Tembaga (Cu) termasuk kedalam logam berat essensial yang merupakan unsur penting yang dibutuhkan untuk perkembangan tubuh manusia (Slamet, 2011, hlm. 136). Supriyanto et al. (2007 dalam Mu'nisa, 2010) menjelaskan bahwa pencemaran logam Tembaga (Cu) dapat berpengaruh dan menjadi penyebab munculnya penyakit pada makhluk hidup, karena di dalam tubuh makhluk hidup unsur yang berlebihan akan membahayakan makhluk hidup. Dampak keracunan logam berat Tembaga (Cu) adalah pusing, mual, keram perut serta dapat menyebabkan rusaknya organ diantaranya ialah gangguan pada ginjal dan hati (Sekarwati et al., 2015). Begitu pula menurut Palar (2008 dalam Andriansyah et al., 2019) bahwa logam berat Tembaga (Cu) jika masuk kedalam tubuh manusia melebihi batas maksimal, maka bisa menimbulkan terjadinya *hepatic cirrhosis*, rusaknya kerja otak, demielinasi, dan dapat menurunkan kerja ginjal.

E. Mekanisme Penyerapan Logam Berat dan Translokasi Logam Berat

1. Mekanisme Penyerapan Logam Berat dan Translokasi Logam Berat pada Tanaman

Terdapat runtunan proses fisiologi yang terjadi dalam proses penimbunan logam selama siklus hidup tumbuhan. Tahap pertama yaitu interaksi rizosferik yang terjadi di daerah akar, disana akan terjadi proses pengolahan senyawa dalam tanah dari yang tidak bisa diserap menjadi unsur yang bisa diserap dengan menyertakan sebuah cariran yang diproduksi oleh akar (Hidayati, 2013 hlm. 77). Handayani et al. (2013 dalam Widyasari, 2021 hlm. 21) menjelaskan bahwa terdapat tiga tahapan proses akumulasi logam berat oleh tanaman, yaitu :

a. Penyerapan oleh akar tanaman

saat proses terserapnya logam berat oleh tanaman, logam berat akan berada dalam bentuk larutan supaya bisa terserap oleh akar tanaman. Logam terlarut tersebut akan terserap oleh akar tanaman bersamaan dengan air. Sementara itu senyawa yang sifatnya hidrofobik (tidak dapat bercampur dengan air) akan terserap oleh permukaan tanaman.

b. Pemindahan logam dari akar menuju organ lain.

Saat proses translokasi, selepas senyawa logam masuk ke dalam lapisan dalam akar tanaman kemudian akan menuju ke bagian atas tanaman melewati jaringan pengangkut (*xylem* dan *floem*) menuju ke organ tanaman lainnya.

c. Penempatan kembali logam pada sel dan jaringan

Saat proses ini, tanaman akan mencoba menahan toksisitas logam kepada sel dengan cara menumpuk logam dalam salah satu organ seperti pada akar supaya tidak mengganggu sistem metabolisme tanaman.

2. Mekanisme Penyerapan Logam Berat dan Translokasi Logam Berat pada Tubuh Manusia

Logam berat dapat menyerang tubuh manusia melalui makanan yang terkontaminasi dengan alat masak, tempat (minuman/makanan kaleng), polusi asap pabrik dan pembuangan limbah industri. (Agustina, 2014 hlm. 54). Menurut Palar (2012 dalam Suryani et al., 2018 hlm. 277) bahwa logam berat dapat masuk kedalam tubuh manusia melalui beberapa cara seperti dalam makanan dan

minuman serta udara dan intrusi pada lapisan kulit. Distribusi logam berat ke dalam bagian tubuh manusia yaitu dengan cara akumulasi logam melalui berbagai penghubung seperti melalui bahan pangan yang tercemari oleh logam berat (Nakayama et al, 2010 dalam Yulaipi & Aunurohim, 2013 hlm. 166).

Engwa *et al.* (2019 hlm. 5) dalam jurnal nya yang berjudul “*Mechanism and Health Effects of Heavy Metal Toxicity in Humans*”, menjelaskan bagaimana mekanisme masuknya logam berat pada tubuh manusia sebagai berikut :

“Logam berat akan masuk ke dalam tubuh manusia dengan beberapa jalur. Beberapa logam berat seperti timbal, kadmium, mangan, arsenik bisa masuk ke dalam tubuh lewat jalur *gastrointestinal* (pencernaan) , yaitu melewati mulut saat makan makanan, buah-buahan, sayur-sayuran atau air minum. Sebagian logam juga bisa masuk ke dalam tubuh dengan cara inhalasi (pernafasan), sementara logam berat lain seperti timbal dapat diserap melalui kulit. Sebagian besar logam berat didistribusikan dalam tubuh oleh darah yang nantinya akan disalurkan menuju jaringan-jaringan” .

NEJM (2012 dalam Irianti & Kuswandi, 2017 hlm 51) menjelaskan bagaimana logam berat Tembaga (Cu) dapat masuk kedalam tubuh manusia, yaitu dengan penyerapan tembaga oleh usus setelah itu disalurkan oleh pembuluh darah menuju hati. Dalam sel hati, sebagian tembaga akan di alihkan ke sirkulasi empedu untuk selanjutnya dibuang, sedang sebagian lainnya akan memiliki ikatan dengan protein yang nantinya akan dialihkan ke pembuluh darah sistemik. Organ adalah manusia yang paling banyak mengakumulasi logam tembaga hati. Logam tembaga kemudian akan disalurkan ke kandung empedu yang nantinya akan dipindahkan kembali menuju usus, untuk selanjutnya dibuang menjadi feses (Palar, 2002 dalam Irianti & Kuswandi, 2017 hlm. 38).

F. Air Irigasi

Air termasuk salah satu sumber daya alam yang merupakan materi penting untuk kehidupan organisme di muka bumi. Manusia selalu memakai sumber daya air untuk menunjang berbagai kebutuhan hidupnya, seperti kebutuhan sandang, pangan, dan pakan (Saputra, 2018 hlm. 584). Pertanian termasuk kegiatan yang sangat penting dalam menunjang ketersediaan pangan manusia. Demi memperoleh hasil pertanian yang bagus maka haruslah menggunakan sistem

pencukupan kebutuhan air untuk tanaman di lahan pertanian yakni dengan membuat saluran irigasi (Saputra, 2018 hlm. 585).

Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2006 tentang irigasi, irigasi merupakan suatu usaha yang menyediakan, mengatur dan membuang air dan dapat membantu jalannya suatu pertanian yang termasuk dalam irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak. Kartasapoetra dan Sutedjo (1994 dalam Rohmawati et al., 2018 hlm. 108) juga berpendapat bahwa sarana irigasi merupakan pengadaan dan pemasokan air yang berfungsi memenuhi kebutuhan pertanian dengan menggunakan air. Air irigasi di Indonesia biasanya berasal dari sungai, waduk, air tanah dan sistem pasang surut. Salah satu upaya untuk meningkatkan produksi pertanian adalah penyediaan air irigasi di daerah pertanian. Jumlah air yang dibutuhkan untuk daerah irigasi bervariasi dari situasi ke situasi. Kebutuhan air irigasi adalah banyaknya air yang memperhitungkan air yang disediakan oleh alam melalui air hujan dan air tanah untuk memenuhi keperluan air penguapan, kehilangan air, dan kebutuhan air tanaman (Priyonugroho, 2014 hlm. 457).



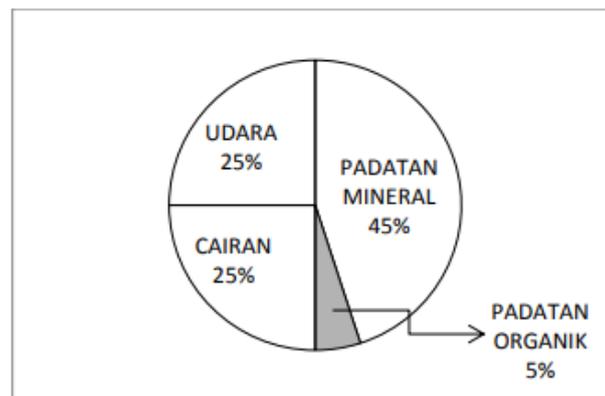
Gambar 2.2. Saluran Irigasi di Lahan Pertanian Bayam Kecamatan Margaasih
(Sumber : Dokumen pribadi)

G. Tanah

Kata “tanah / *soil*” berasal dari bahasa Prancis kuno yaitu *solum* yang berarti lantai atau dasar. Puspawati & Haryono (2018 hlm. 1), mengemukakan pengertian tanah, yaitu tanah adalah salah satu materi terbesar di muka bumi, karena dalam tanah tersedia air, udara dan nutrisi yang diperlukan oleh organisme hidup seperti

organisme tanah dan tumbuhan. Sedangkan menurut (Sitomorang, 2017 hlm. 54) tanah merupakan campuran dari beberapa senyawa seperti mineral, senyawa organik, senyawa anorganik dan air. Sependapat dengan Sitomorang, Salam (2020, hlm. 80) berpendapat bahwa tanah terdiri dari senyawa mineral (senyawa nir-organik) dan senyawa nir-mineral (senyawa organik).

Tanah dan air termasuk dalam sumber alam yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi, termasuk mamalia (Arsyad, 2010 hlm. 64). Peranan tanah dalam kehidupan di bumi sangatlah penting karena tanah dapat menyokong kehidupan tumbuhan dengan memasok unsur hara dan air serta berperan untuk menopang akar. Bentuk tanah yang berongga juga dapat dimanfaatkan menjadi tempat yang cocok untuk akar agar dapat bernafas dan tumbuh dengan baik (Yuwono, 2012 hlm. 8). Tanah secara alami mengandung memuat berbagai macam bahan mineral dengan bentuk, struktur dan komposisi yang berbeda. Sudjoko et al., (2009 hlm. 107) dalam bukunya yang berjudul *Pendidikan lingkungan Hidup*, menjelaskan bahwa rata-rata bahan komposisi tanah tersusun atas 45% mineral (dalam lempung / liat, lumpur, kerikil dan batu), 25% air (tergantung volume, daya serap dan daya simpan tanah), 25% udara, dan 5% materi organik atau humus.



Gambar 2.3. komposisi volume tanah (Hillel, 1980)
Sumber : Buku Ilmu Tanah, 2020

H. Sayuran Bayam

Bayam (*Amaranthus sp.*) adalah tanaman yang biasanya ditanam untuk dimanfaatkan daunnya sebagai bahan makanan dan banyak mengandung vitamin serta mineral (Putri, 2019 hlm. 2). Bayam merupakan tanaman satu musim yang

termasuk dalam tumbuhan C4 yang dapat mengikat gas CO₂ sehingga dapat beradaptasi pada macam-macam ekosistem (Ibrahim et al., 2021 hlm. 151). Siklus hidup bayam relatif singkat yaitu sekitar 3-4 minggu (Kogoya et al., 2018 hlm. 575). Harga sayuran hijau ini sangat terjangkau dan mudah didapat serta memiliki kandungan gizi yang tinggi.



Gambar 2.4. Bayam Hijau (*Amaranthus hybridus L.*)
(Sumber : Dokumen pribadi)

1. Klasifikasi Bayam

Berikut ini klasifikasi bayam menurut Haerani (2018 hlm. 36)

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Caryophyllales
Famili	: Amarathaceae
Sub famili	: Amaranthoideae
Marga	: Amaranthus
Spesies	: <i>Amaranthus sp.</i>

2. Manfaat Bayam

Bayam hijau memiliki banyak manfaat untuk tubuh yaitu sebagai sumber kalsium, vitamin A, vitamin E dan vitamin C, serat, dan juga betakaroten. Bayam juga mengandung zat besi untuk mencegah anemia (Rukmana, 2006 dalam

Rohmatika & Umarianti, 2017 hlm. 155). Yuniarti et al., (2015 hlm. 89) kandungan zat besi pada bayam lebih tinggi dibandingkan pada sayur lain, sehingga sangat baik untuk penderita anemia. Di dalam 100 gr bayam terkandung energi sebesar 16 Kkal, 0,9 protein, 0,4 gr lemak, 2,9 gr karbohidrat, 166 mg kalsium, 0,7 gr serat, 3,5 mg zat besi dan 41 mg vitamin C” (Safitri, 2019 hlm. 73).

3. Cemaran Logam Berat pada Bayam

Menurut Aisyah *et al.*, (2018 hlm. 23) bayam sangat toleran akan logam berat karena dapat menumpuk logam berat dalam tubuhnya. Saat air yang mengandung logam berat diserap oleh tanaman, tanaman tersebut akan mengakumulasi logam pada tubuhnya, sehingga dapat berbahaya bagi konsumen (Agustina, 2014 hlm. 54).

I. Faktor Klimatik

Faktor klimatik adalah **faktor yang berkaitan dengan kondisi cuaca** dan iklim di suatu wilayah. Menurut Deshmukh (1992 dalam manuaba, 2018 hlm. 7) yang dimaksud dengan faktor klimatik diantaranya cahaya, kelembaban, suhu dan kecepatan angin. Begitu pula pendapat Suryatini (2018 hlm. 78) bahwa faktor klimatik yaitu faktor iklim yang meliputi intensitas cahaya, suhu dan kelembaban.

1. Suhu udara

a. Pengertian Suhu Udara

Suhu adalah besaran yang menyatakan derajat panas atau dingin suatu benda atau tempat, alat yang digunakan untuk mengukur suhu yaitu *thermometer*. (Ardiyanto et al., 2021 hlm. 12). Sedangkan udara adalah campuran gas yang mengelilingi bumi. Menurut Anwar, (2017 hlm. 7) Suhu udara dalam suatu wilayah biasanya diukur dalam keadaan minimal dan maksimal. Suhu udara minimal adalah keadaan suhu udara berada di titik rendah dalam jangka waktu tertentu, sedangkan suhu udara maksimal adalah keadaan suhu udara berada pada titik tinggi pada hari yang bersangkutan. Sependapat dengan Anwar, Imelda et al.

(2019 hlm. 109) menyatakan bahwa suhu adalah besaran fisika yang menyatakan derajat panas suatu zat.

b. Hubungan Suhu Udara dengan Pertumbuhan Sayuran

Suatu tanaman tidak akan tumbuh baik jika tidak mendapatkan kelembaban, pH tanah, intensitas cahaya dan suhu yang baik (N. Mukhayat, P. W. Ciptadi, 2021 hlm. 179). Menurut dalam Anisuzzaman et al. (2009) Lasmini et al., 2018 hlm. 104), kelembaban udara dan suhu udara merupakan faktor iklim mikro yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman yang dapat menciptakan kondisi lingkungan optimal bagi tanaman.

Sedangkan jika suhu udara terlalu tinggi, maka akan mengakibatkan tingginya transpirasi pada tanaman dan akan kehilangan banyak air (Fadhilillah et al., 2019 hlm. 169). Suhu juga berpengaruh terhadap serapan logam oleh tanaman. Seperti yang dikemukakan oleh Imelda et al., (2019 hlm. 109) bahwa suhu tinggi akan menyebabkan pori-pori tanaman terbuka sehingga daya serapnya meningkat. Hajar (2019) menyatakan bahwa suhu udara yang cocok untuk tanaman bayam berkisar antara 20-30 derajat.

2. Intensitas Cahaya

a. Pengertian Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya adalah banyaknya cahaya yang diterima oleh tanaman per satuan luas dan per satuan waktu ($\text{kal/cm}^2/\text{hari}$) (Friadi & Junadhi, 2019 hlm. 31). Intensitas cahaya yaitu keadaan dimana cukupnya jumlah cahaya yang masuk bagi tanaman untuk berfotosintesis (Fadhilillah et al., 2019 hlm. 169).

b. Hubungan Intensitas Cahaya dengan Pertumbuhan Sayuran

Intensitas cahaya matahari dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap morfologi tanaman. Ini karena intensitas cahaya matahari diperlukan untuk penyatuan CO_2 dan air dalam pembentukan karbohidrat (Lukitasari cit. Marheny 2012 dalam Hardiane et al., 2017 hlm. 3). Menurut Bareja (2011 hlm. 3) banyaknya sinar matahari yang diterima oleh suatu daerah dapat berpengaruh terhadap kelembapan di udara. Selain dari pada itu, cahaya matahari dapat menjadi

penyebab meningkatnya suhu udara. Perbedaan suhu menjadi penyebab terjadinya perbedaan tekanan udara, sehingga udara bergerak menjadi angin.

Intensitas cahaya yang cocok untuk budidaya tanaman Bayam menurut Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Bandung yakni pada rentang 4.305,56 lux. – 8.611,13 lux., sehingga dapat dikatakan bahwa tanaman Bayam tidak butuh cahaya yang terlalu panas. (Fadhilillah et al., 2019 hlm. 169).

3. pH (Derajat Keasaman) Tanah

a. Pengertian pH Tanah

Potential of Hydrogen (pH) adalah reaksi tanah yang menunjukkan kemasaman atau alkalinitas tanah (Retnaning, 2020 hlm. 3). PH tanah dapat menjadi pengaruh yang besar bagi kesuburan tanah (N. Mukhayat, P. W. Ciptadi, 2021 hlm. 179).

b. Hubungan pH Tanah dengan Pertumbuhan Sayuran

Menurut (Karamina et al., 2018 hl. 430) pH tanah dapat menentukan cepat dan lambatnya suatu pertumbuhan berbagai macam tanaman. Dalam ilmu pertanian, pH tanah sangat berpengaruh dan sangat berguna untuk menentukan mudah atau tidaknya penyerapan unsur hara oleh tanaman. Derajat keasamaan atau pH dalam tanah juga dapat menjadi penunjuk akan adanya unsur yang berracun bagi tanaman. Putri (2019 hlm. 2) mengemukakan bahwa media tanaman yang baik bagi pertumbuhan bayam yaitu tanah yang gembur dan cukup subur dengan kandungan pH sekitar 6-7.

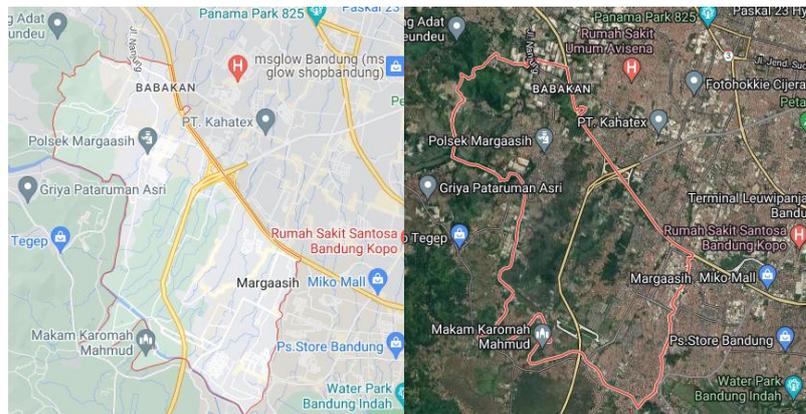
Dengan mengukur kelembaban tanah dan temperatur tanah diharapkan mampu mempengaruhi nilai pH tanah di lahan pertanian bayam kecamatan Margaasih Kabupaten Bandung ini. Sehingga dengan didapatkannya nilai pH tanah tersebut dapat mengindikasikan kandungan logam berat pada syauran bayam. Pengukuran pH tanah ini menggunakan alat yang disebut *Soil Tester*.

Tabel 2.2 Baku Mutu faktor Klimatik

Parameter	Suhu Udara	Intensitas Cahaya	pH tanah
Baku mutu	20 °C - 30 °C	4305,56 - 8611,13	6-7
Sumber		Fadhilillah et al., 2019	Putri, 2019

J. Lokasi Penelitian Kecamatan Margaasih

Kecamatan Margaasih adalah salah satu kecamatan di Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat, yang berada di tengah jalan raya penghubung Kota Cimahi dengan Soreang, ibu kota Kabupaten Bandung. Kecamatan ini dilintasi oleh Jalan Tol Soreang – Pasirkoja. Dilansir dari website resmi Pemerintah Kecamatan Margaasih (Anonim, 2018), Kecamatan Margaasih mempunyai luas 2 km², dan mencakup 6 kelurahan. Adapun kelurahan tersebut yaitu : Cigondewah Hilir, Lagadar, Margaasih, Mekarrahayu, Nanjung dan Rahayu. Dikutip dari Anonim (2022) bahwa margaasih terletak ditengah cekungan bandung sehingga bentuk tanahnya terbelah datar di sisi tengah dan timur, sedangkan di bagian barat kecamatan ini terdapat bukit lagadar yang mana masih termasuk dalam perbukitan pematang tengah yang memanjang dari Soreang sampai ke Cimahi utara. Sungai Citarum mengalir di selatan kecamatan dan menjadi batas alam dengan kecamatan kutawaringin. Margaasih termasuk daerah yang padat penduduk dikarenakan banyaknya kompleks perumahan dan tempat industri.



Gambar 2.5 Peta Lokasi Kecamatan Margaasih
(Sumber : *google maps*)

Berdasarkan pengamatan langsung ke lokasi, lahan pertanian bayam 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.

K. Analisis Uji Logam Berat *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS)

AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) adalah alat analisis yang berfungsi untuk menghitung jumlah unsur-unsur logam metaloid, yang berdasar pada penyerapan absorpsi radiasi oleh atom bebas pada fase gas (Triyana, 2018). Alat ini dapat menguji kandungan logam yang terdapat pada suatu bahan dengan spesifik. Sudjadi (2007 dalam Yusuf et al., 2016 hlm. 59) mengemukakan bahwa analisis dari uji suatu sampel dapat memberi kandungan total unsur logam dan tidak bergantung pada bentuk molekul logam yang memiliki sifat peka yang sangat besar sampai kurang dari 1 ppm. AAS ini adalah suatu alat analisis kandungan logam yang teknik analisisnya berdasar pada absorpsi radiasi elektromagnetik oleh atom.



Gambar 2.6 Alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*)
Sumber : (id.wikipedia.org)

Prinsip kerja alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) menurut Djunaidi, 2018 hlm. 4 bahwa prinsip kerja metode AAS ini yakni absorpsi cahaya oleh atom yang akan menyerap suatu cahaya pada panjang gelombang tertentu, tetapi tergantung pada sifat unsur-unsurnya, kemudian dilakukannya absorpsi energi. Teknik alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) ini menggunakan spektrometri serapan untuk dapat memastikan kandungan zat yang akan diukur dalam sampel. Anshori (2005 hlm. 6) mengemukakan bahwa semakin

banyak atom logam bebas dalam sel, semakin banyak cahaya yang diserap sel ketika cahaya dengan panjang gelombang tertentu melewatinya.

Prinsip kerja alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) juga dijelaskan dalam jurnal yang ditulis oleh Irianti (2017 hlm. 84), bahwa :

“Spektroskopi serapan atom menyertakan penyerapan energi radiasi yang dihasilkan oleh suatu sumber radiasi khusus (lampu), oleh atom dalam kondisi elektronik dasar (ground state). Lampu memancarkan spektrum atom dari unsur-unsur analit dengan energi yang hanya dapat diserap secara resonansi. Unsur analit diubah menjadi atom dalam suatu atomizer. Ketika cahaya melewati awan atom, atom-atom menyerap sinar ultraviolet atau sinar tampak dan menyebabkan transisi ke tingkat energi elektronik yang lebih tinggi”.