

Editor: Hairil Akbar

PENGELOLAAN BENCANA HIDROMETEREOLOGI

Muhammad Ramdhan Olli | Lailissa'adah
Aptu Andy Kurniawan | Firman | Susilowati | Any Nurhasanah
Kemala Hadidjah | Hilda Alkatiri | Nikodemus P. P. E. Nainiti
Mariati Indah Lestari | Rusiyah



BUNGA RAMPAI

**PENGELOLAAN BENCANA
HIDROMETEREOLOGI**

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

PENGELOLAAN BENCANA HIDROMETERELOGI

Muhammad Ramdhan Olli
Lailissa'adah
Aptu Andy Kurniawan
Firman
Susilowati
Any Nurhasanah
Kemala Hadidjah
Hilda Alkatiri
Nikodemus P. P. E. Nainiti
Mariati Indah Lestari
Rusiyah

Penerbit



CV. MEDIA SAINS INDONESIA
Melong Asih Regency B40 - Cijerah
Kota Bandung - Jawa Barat
www.medsan.co.id

Anggota IKAPI
No. 370/JBA/2020

PENGELOLAAN BENCANA HIDROMETERELOGI

Muhammad Ramdhan Olih
Lailissa'adah
Aptu Andy Kurniawan
Firman
Susilowati
Any Nurhasanah
Kemala Hadidjah
Hilda Alkatiri
Nikodemus P. P. E. Nainiti
Mariati Indah Lestari
Rusiyah

Editor:
Hairil Akbar

Tata Letak:
Dina Verawati

Desain Cover:
Qonita Azizah

Ukuran:
A5 Unesco: 15,5 x 23 cm

Halaman:
viii, 195

ISBN:
978-623-195-954-6

Terbit Pada:
Mei 2024

Hak Cipta 2024 @ Media Sains Indonesia dan Penulis

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit atau Penulis.

PENERBIT MEDIA SAINS INDONESIA
(CV. MEDIA SAINS INDONESIA)
Melong Asih Regency B40 - Cijerah
Kota Bandung - Jawa Barat
www.medsan.co.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga buku kolaborasi dalam bentuk buku dapat dipublikasikan dan dapat sampai di hadapan pembaca. Buku ini disusun oleh sejumlah dosen dan praktisi sesuai dengan kepakarannya masing-masing. Buku ini diharapkan dapat hadir dan memberi kontribusi positif dalam ilmu pengetahuan khususnya terkait dengan “Pengelolaan Bencana Hidrometeorologi”, buku ini memberikan nuansa berbeda yang saling menyempurnakan dari setiap pembahasannya, bukan hanya dari segi konsep yang tertuang dengan detail, melainkan contoh yang sesuai dan mudah dipahami terkait Pengelolaan Bencana Hidrometeorologi.

Sistematika buku ini dengan judul “Pengelolaan Bencana Hidrometeorologi”, mengacu pada konsep dan pembahasan hal yang terkait. Buku ini terdiri atas 11 bab yang dijelaskan secara rinci dalam pembahasan antara lain mengenai Pengertian dan Konsep Bencana Hidrometeorologi; Klasifikasi Bencana Hidrometeorologi; Peran Meteorologi dalam Bencana Hidrometeorologi; Hidrologi dan Aliran Sungai; Prinsip-Prinsip Mitigasi Bencana Hidrometeorologi; Manajemen Bencana Hidrometeorologi dan Tanggap Darurat; Kualitas Air dan Bencana Pencemaran; Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan; Perubahan Iklim dan Bencana Hidrometeorologi; Teknologi dan Inovasi dalam Pengelolaan Bencana Hidrometeorologi; serta Pendidikan dan Kesadaran Publik Terkait Bencana Hidrometeorologi.

Buku ini memberikan nuansa yang berbeda dengan buku lainnya, karena membahas berbagai Pengelolaan Bencana Hidrometeorologi sesuai dengan update keilmuan. Akhirnya kami mengucapkan terima kasih yang tak

terhingga kepada semua pihak yang telah mendukung dalam proses penyusunan dan penerbitan buku ini, secara khusus kepada Penerbit Media Sains Indonesia sebagai inisiator buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi pembaca sekalian.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i	
DAFTAR ISI.....	iii	
1	PENGERTIAN DAN KONSEP BENCANA HIDROMETEREOLOGI.....	1
	Pendahuluan	1
	Definisi	2
	Konsep Terjadinya Bencana.....	4
	Dinamika dan Faktor Penyebab	5
	Kerentanan dan Dampak	9
	Pemahaman dan Mitigasi Sebagai Solusi	13
2	KLASIFIKASI BENCANA HIDROMETEOROLOGI ...	19
	Banjir	19
	Tanah Longsor	21
	Badai dan Topan.....	23
	Kekeringan	25
	Hujan Es dan Badai Salju.....	27
	Gelombang Pasang dan Abrasi Pantai.....	29
	Pemanasan Global dan Perubahan Iklim	31
	Perbandingan Bencana Hidrometeorologi.....	33
3	PERAN METEOROLOGI DALAM BENCANA HIDROMETEOROLOGI	41
	Pendahuluan	41
	Peranan Meteorologi	44
	Layanan Meteorologi untuk Pencegahan dan Mitigasi Risiko Bencana	45

4	HIDROLOGI DAN ALIRAN SUNGAI	53
	Pengantar	53
	Air di Permukaan Bumi	53
	Siklus Hidrologi	54
	Lapisan Pembawa Air Tanah	57
	Aliran Sungai	60
	Sistem Hidrologi dalam Sistem Ekosistem DAS.....	62
	Jaringan Aliran Sungai dan Urutan Sub-DAS.....	63
5	PRINSIP-PRINSIP MITIGASI BENCANA	
	HIDROMETEREOLOGI.....	71
	Bencana Hidrometeorologi	71
	Mitigasi Bencana	72
	Langkah-Langkah Mitigasi Struktural dan	
	Non Struktural	77
	Mitigasi Curah Hujan Ekstrem	78
	Mitigasi Bencana Banjir	79
	Mitigasi Bencana Longsor	85
	Mitigasi Bencana Kekeringan.....	86
	Mitigasi Kebakaran Hutan dan Lahan.....	88
	Mitigasi Bencana Angin Puting Beliung	89
	Mitigasi Kualitas Udara Buruk.....	89
6	MANAGEMEN BENCANA HIDROMETEOROLOGI	
	DAN TANGGAP DARURAT.....	93
	Bencana Hidrometeorologi di Indonesia	93
	Dampak Bencana Hidrometeorologi	98
	Managemen Bencana Hidrometeorologi	99
	Tanggap Darurat Bencana Hidrometeorologi.....	104

7	KUALITAS AIR DAN BENCANA PENCEMARAN ...	109
	Pendahuluan	109
	Kualitas Air.....	110
	Bencana Pencemaran Air	113
	Pengelolaan Bencana Pencemaran Air	116
8	PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN	125
	Dasar Hukum Pengelolaan Lingkungan di Indonesia	125
	Tinjauan Teoritis.....	127
	Ekosistem	127
	Ekologi.....	128
	Ruang Lingkup Ekologi.....	129
	Lingkungan.....	130
	Jenis-Jenis Lingkungan Hidup	131
	Berkelanjutan	131
	Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan	133
	Prinsip Lingkungan Berkelanjutan.....	135
	Ruang Lingkup Lingkungan Berkelanjutan.....	135
	Keberlanjutan Lingkungan Ekologis	136
	Keberlanjutan Lingkungan Ekonomi.....	136
	Keberlanjutan Lingkungan Sosial	136
	Pembangunan Berkelanjutan.....	137
	Kesimpulan.....	138
9	PERUBAHAN IKLIM DAN BENCANA HIDROMETEROLOGI.....	141
	Pendahuluan	141
	Perubahan Iklim	143

	Indikasi Perubahan Iklim.....	148
	Dampak Perubahan Iklim	149
	Bencana Hidrometeorologi	153
10	TEKNOLOGI DAN INOVASI DALAM PENGELOLAAN BENCANA HIDROMETEOROLOGI	159
	Pengertian Bencana Hidrometeorologi.....	159
	Karakter Bencana Hidrometeorologi.....	159
	Berdasarkan pemahaman di atas maka periode kejadian bencana hidrometeorologi dapat dikelompokan menjadi dua, yaitu:	161
	Teknologi dan Inovasi Berperan Penting dalam Pengelolaan Bencana Hidrometeorologi.....	163
11	PENDIDIKAN DAN KESADARAN PUBLIK TERKAIT BENCANA HIDROMETEOROLOGI	177
	Urgensi Pendidikan dan Kesadaran Publik Terkait Bencana Hidrometeorologi.....	177
	Peran Pendidikan dalam Meningkatkan Kesadaran Masyarakat Tentang Bencana Hidrometeorologi	179
	Program Pendidikan Bencana di Sekolah	181
	Kurikulum dan Metode Pengajaran.....	181
	Pelatihan dan Simulasi Bencana.....	184
	Peran Keluarga dalam Pendidikan Tentang Bencana Hidrometeorologi	186
	Upaya Pemerintah dan Institusi Terkait dalam Meningkatkan Kesadaran Publik.....	186
	Penerapan Teknologi dan Inovasi dalam Pendidikan dan Kesadaran Publik	189

Tantangan dalam Pendidikan dan Kesadaran Publik	190
Peluang dalam Pendidikan dan Kesadaran Publik	191

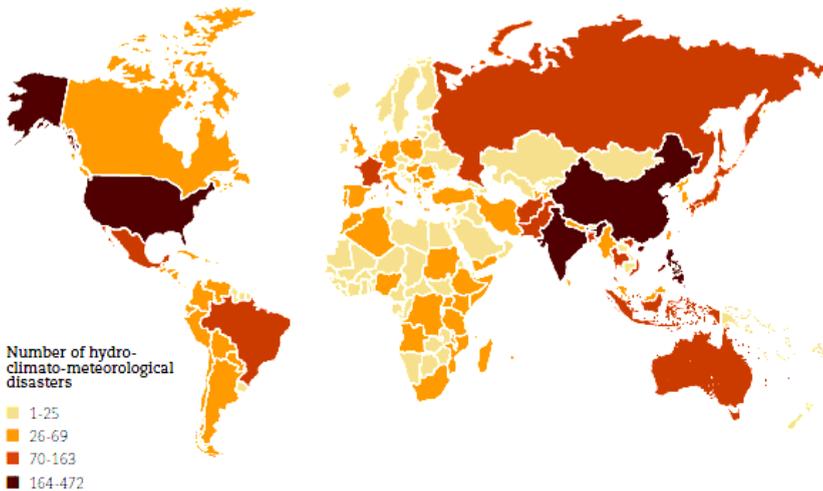
PENGETIAN DAN KONSEP BENCANA HIDROMETEREOLOGI

Dr. Ir. Muhammad Ramdhan Olii, S.T., M.Eng. IPM.
Universitas Gorontalo

Pendahuluan

Bencana hidrometeorologi, sebagai entitas yang kompleks dan melibatkan interaksi yang mendalam antara komponen hidrologi dan meteorologi, serta memegang peran yang sangat penting dalam membentuk dan menentukan jalannya kehidupan manusia dan lingkungan (Jayawardena, A.W., 2015). Fenomena ini melibatkan serangkaian peristiwa ekstrem seperti banjir, angin topan, kekeringan, gelombang panas dan badai. Dampak yang dihasilkan dari bencana ini menciptakan tantangan serius bagi kesejahteraan masyarakat dan keberlanjutan lingkungan. Bencana hidrometeorologi tidak hanya terbatas pada aspek fisik, melainkan juga mencakup aspek sosial, ekonomi, dan ekologis yang kompleks (Shah, et al., 2020). Oleh karena itu, upaya untuk memahami serta mengatasi bencana ini memerlukan pendekatan holistik yang melibatkan berbagai disiplin ilmu. Dengan menyadari keberagaman faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya bencana hidrometeorologi, maka dapat dikembangkan strategi mitigasi yang lebih adaptif dan tangguh agar lebih preventif yang efektif. Gambar 1.1 memperlihatkan sebaran bencana hidrometeorologi di dunia tahun 1995-2015 (The World Risk Report, 2016).

Number of weather-related disasters reported per country (1995-2015)



Gambar 1.1. Kejadian bencana hidrometeorologi di dunia (The World Risk Report, 2016)

Definisi

Bencana hidrometeorologi merupakan salah satu jenis bencana alam yang sering terjadi di Bumi. Berdasarkan beberapa sumber, bencana hidrometeorologi dapat didefinisikan sebagai peristiwa ekstrem yang muncul dari interaksi antara faktor hidrologi (air) dan meteorologi (cuaca dan iklim) (Loukas, et al., 2021). Tabel 1.1. menjelaskan beberapa pengertian bencana hidrometeorologi dari beberapa sumber.

Tabel 1.1. Definisi Bencana Hidrometeorologi

Sumber	Definisi Bencana Hidrometeorologi
<i>United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR)</i>	bencana alam yang disebabkan oleh proses hidrologi dan meteorologi ekstrem, seperti banjir, tanah longsor, topan, dan gelombang panas.
<i>World Meteorological Organization (WMO)</i>	peristiwa ekstrem yang dihasilkan dari interaksi antara atmosfer dan hidrosfer, yang mencakup kejadian

	seperti banjir, badai, dan musim kemarau yang parah.
<i>Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)</i>	perubahan iklim yang mencakup peristiwa-peristiwa ekstrem seperti banjir, badai, dan gelombang panas yang dapat diperparah atau diintensifkan oleh perubahan iklim global.
<i>National Aeronautics and Space Administration (NASA)</i>	perubahan ekstrem dalam siklus hidrologi dan cuaca, yang dapat menyebabkan kejadian-kejadian seperti banjir, kekeringan, dan topan.
Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Indonesia	peristiwa bencana yang disebabkan oleh fenomena hidrologi dan meteorologi ekstrem.

Berdasarkan Tabel 1.1, secara umum, bencana hidrometeorologi dapat diartikan sebagai peristiwa ekstrem yang muncul akibat interaksi antara faktor hidrologi (air) dan meteorologi (cuaca dan iklim). Fenomena ini mencakup berbagai kejadian seperti banjir, tanah longsor, topan, angin kencang, dan gelombang panas yang dapat menyebabkan dampak serius terhadap kehidupan manusia, ekosistem, dan ekonomi. Bencana ini seringkali melibatkan perubahan ekstrem dalam siklus hidrologi dan cuaca, dan dapat disebabkan atau diperparah oleh faktor perubahan iklim global. Pentingnya pemahaman dan kesiapsiagaan terhadap bencana hidrometeorologi tercermin dalam definisi-definisi di atas. Upaya mitigasi, adaptasi, dan penanggulangan bencana ini mencakup aspek-aspek seperti pemantauan dan peringatan dini, koordinasi antarlembaga, peningkatan kapasitas masyarakat, dan strategi untuk mengurangi risiko serta mengatasi dampak yang ditimbulkan.

Konsep Terjadinya Bencana

Konsep terjadinya bencana hidrometeorologi melibatkan pemahaman tentang interaksi antara faktor-faktor meteorologi dan hidrologi yang dapat menyebabkan peristiwa bencana. Berikut adalah konsep umum terjadinya bencana hidrometeorologi (Paron, 2023):

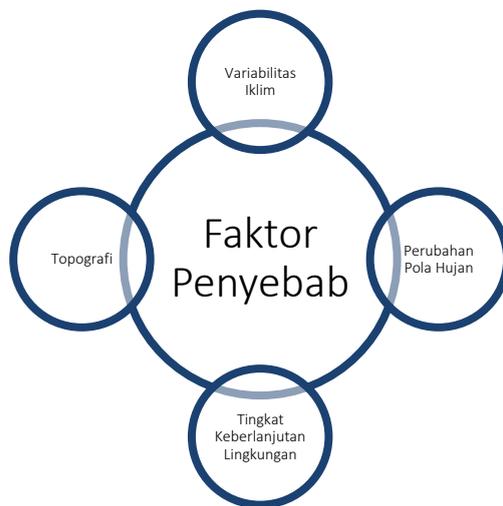
1. Pemahaman Faktor Meteorologi:
 - a. *Pemanasan Global*: Perubahan iklim global dapat mempengaruhi suhu permukaan laut dan atmosfer, yang pada gilirannya dapat mengubah pola cuaca dan meningkatkan intensitas fenomena meteorologi ekstrem.
 - b. *Siklon Tropis dan Badai*: Siklon tropis atau badai seringkali merupakan sumber utama bencana hidrometeorologi. Angin kencang, hujan lebat, dan gelombang pasang dapat menyebabkan banjir, tanah longsor, dan kerusakan pesisir.
 - c. *Polusi Udara*: Peningkatan polusi udara, termasuk emisi gas rumah kaca, dapat berkontribusi pada perubahan iklim dan meningkatkan intensitas peristiwa cuaca ekstrem.
2. Faktor Hidrologi:
 - a. *Curah Hujan Ekstrem*: Curah hujan yang tinggi dalam waktu singkat dapat menyebabkan banjir sungai, banjir bandang, dan genangan air di daerah dataran rendah.
 - b. *Topografi dan Bentuk Tanah*: Keadaan topografi, seperti lereng yang curam, bersama dengan jenis tanah yang rentan, dapat meningkatkan risiko tanah longsor dan longsor.

3. Interaksi dan Kombinasi Faktor:
 - a. *Hujan yang Meluap*: Hujan lebat atau curah hujan ekstrem dapat menyebabkan meluapnya sungai dan sistem drainase, menyebabkan banjir.
 - b. *Angin dan Gelombang Pasang*: Siklon tropis membawa angin kencang dan gelombang pasang yang dapat menyebabkan banjir pesisir dan kerusakan pada infrastruktur pantai.
 - c. *Pencampuran Faktor-Faktor Ekstrem*: Kombinasi siklon tropis, hujan lebat, dan tanah yang jenuh air dapat menyebabkan bencana hidrometeorologi yang lebih kompleks.
4. Pengelolaan Risiko dan Mitigasi:
 - a. *Pemantauan dan Peringatan Dini*: Sistem pemantauan cuaca dan peringatan dini dapat membantu memitigasi dampak bencana dengan memberikan informasi waktu untuk evakuasi dan persiapan.
 - b. *Pembangunan Infrastruktur Tahan Bencana*: Konstruksi bendungan, tanggul, sistem drainase, dan infrastruktur tahan gempa dapat mengurangi dampak bencana.
 - c. *Perencanaan Tata Ruang*: Pemahaman tentang risiko dan penempatan yang bijaksana infrastruktur dan pemukiman dapat mengurangi kerentanan terhadap bencana hidrometeorologi.

Dinamika dan Faktor Penyebab

Pemahaman terhadap dinamika bencana hidrometeorologi memegang peranan krusial dalam upaya mitigasi dan penanganan dampak yang dapat ditimbulkannya. Dinamika ini melibatkan sejumlah faktor

kompleks yang saling berinteraksi, termasuk variabilitas iklim, perubahan pola hujan, topografi, dan tingkat keberlanjutan lingkungan (Gambar 1.2). Dalam pemahaman yang lebih mendalam, elemen-elemen ini memainkan peran utama dalam membentuk intensitas dan frekuensi bencana hidrometeorologi, menciptakan situasi di mana masyarakat dan infrastruktur menjadi rentan terhadap potensi bencana tersebut (Quevauviller, 2014).



Gambar 1.2. Faktor kompleks bencana hidrometeorologi

1. Variabilitas Iklim

Salah satu faktor utama yang memicu dinamika bencana hidrometeorologi adalah variabilitas iklim. Perubahan dalam suhu, pola angin, dan distribusi curah hujan dapat menyebabkan kondisi cuaca ekstrem seperti panas yang berlebihan, kekeringan, atau hujan deras yang meluas. Perubahan iklim global juga dapat berkontribusi pada intensifikasi badai tropis dan fenomena cuaca ekstrem lainnya. Pemahaman terhadap pola variabilitas iklim menjadi dasar penting untuk meramalkan potensi bencana

hidrometeorologi dan mengembangkan strategi adaptasi yang efektif.

2. Perubahan Pola Hujan

Perubahan dalam pola hujan merupakan faktor kritis dalam dinamika bencana hidrometeorologi. Peningkatan curah hujan yang tiba-tiba atau periode kekeringan yang panjang dapat menyebabkan banjir atau kekeringan, masing-masing. Pola hujan yang tidak biasa dapat mengubah aliran sungai, mempengaruhi tanah longsor, dan menciptakan kondisi yang mendukung perkembangan penyakit air. Studi terperinci tentang perubahan pola hujan menjadi esensial untuk merancang sistem peringatan dini dan rencana mitigasi yang efektif.

3. Topografi

Topografi atau karakteristik fisik suatu wilayah juga memainkan peran penting dalam dinamika bencana hidrometeorologi. Daerah dataran rendah cenderung lebih rentan terhadap banjir, sementara daerah berbukit atau berpegunungan dapat lebih rentan terhadap tanah longsor. Topografi dapat mempercepat atau menghambat aliran air, mempengaruhi distribusi hujan, dan menentukan area yang paling rentan terhadap bencana tertentu. Oleh karena itu, pemahaman terhadap topografi suatu wilayah sangat penting dalam mengevaluasi potensi bencana dan merencanakan tindakan mitigasi.

4. Tingkat Keberlanjutan Lingkungan

Aspek keberlanjutan lingkungan juga menjadi elemen kunci dalam dinamika bencana hidrometeorologi. Kehancuran hutan (deforestasi), perubahan tata guna lahan, dan degradasi ekosistem dapat memperburuk risiko bencana. Misalnya, deforestasi dapat

meningkatkan potensi banjir dan tanah longsor karena hilangnya fungsi penyerapan air oleh hutan. Kehancuran mangrove juga dapat meningkatkan kerentanan terhadap badai dan tsunami di pesisir. Oleh karena itu, upaya untuk menjaga dan mengembalikan keberlanjutan lingkungan memiliki dampak langsung terhadap mengurangi risiko bencana hidrometeorologi.

Dengan pemahaman yang mendalam terhadap faktor-faktor di atas, dapat dirinci bagaimana dinamika bencana hidrometeorologi terbentuk dan berkembang. Misalnya, perubahan iklim yang menyebabkan peningkatan suhu permukaan laut dapat meningkatkan intensitas badai tropis. Ketika badai tersebut mencapai daratan, topografi wilayah memainkan peran dalam menentukan tingkat kerentanan terhadap banjir dan tanah longsor. Pemahaman terhadap perubahan pola hujan juga menjadi penting dalam memprediksi dan mengelola risiko bencana.

Selain itu, penerapan tindakan mitigasi dan adaptasi yang efektif juga memerlukan pemahaman mendalam terhadap dinamika ini. Masyarakat harus dilibatkan untuk meningkatkan kapasitas mereka dalam menghadapi potensi bencana, dan infrastruktur harus dirancang dengan mempertimbangkan variabilitas iklim dan topografi wilayah. Penelitian dan pemantauan terus-menerus terhadap faktor-faktor tersebut menjadi kunci untuk mengembangkan strategi yang responsif dan efektif dalam mengurangi risiko dan dampak bencana hidrometeorologi.

Secara keseluruhan, pemahaman terhadap dinamika bencana hidrometeorologi merupakan landasan esensial dalam upaya pencegahan, mitigasi, dan penanganan dampak. Melibatkan berbagai disiplin

ilmu seperti meteorologi, hidrologi, geologi, dan ekologi, pendekatan yang holistik ini penting untuk menciptakan masyarakat yang lebih tangguh dan infrastruktur yang lebih tahan terhadap tantangan yang dihadapi oleh perubahan cuaca dan lingkungan.

Kerentanan dan Dampak

Masyarakat, terutama yang tinggal di wilayah yang rentan, menjadi korban utama dari bencana hidrometeorologi. Dampak melibatkan berbagai aspek, termasuk hilangnya nyawa, kerugian ekonomi, dislokasi penduduk, serta kerusakan ekosistem dan infrastruktur (Tabel 1.2). Kerentanan terhadap bencana ini dapat diperburuk oleh faktor-faktor seperti ketidaksetaraan sosial, kurangnya infrastruktur mitigasi, dan ketidakmampuan mengatasi perubahan iklim (Wu, et al, 2016).

Tabel 1.2. Dampak bencana hidrometeorologi

Dampak	Uraian
Hilangnya nyawa	menyebabkan korban jiwa secara langsung. Masyarakat yang tinggal di wilayah-wilayah rawan seringkali menghadapi risiko lebih tinggi terhadap kehilangan nyawa akibat terkena dampak langsung dari bencana tersebut.
Kerugian ekonomi	menimbulkan kerugian ekonomi yang besar. Infrastruktur yang rusak, tanaman yang hancur, dan kehilangan sumber daya produktif lainnya dapat memberikan pukulan serius terhadap perekonomian lokal maupun nasional. Masyarakat yang bergantung pada sektor pertanian dan nelayan seringkali terkena dampak ekonomi yang lebih besar.
Dislokasi penduduk	menyebabkan dislokasi massal penduduk. Masyarakat yang terpaksa meninggalkan rumah dan tanah

	kelahiran mereka menghadapi tantangan besar dalam mencari tempat tinggal sementara, mendapatkan akses terhadap air bersih, dan menjaga kesehatan dan sanitasi di tengah kondisi darurat.
Kerusakan ekosistem	merusak ekosistem alami, termasuk hutan, sungai, dan lahan basah. Bencana tersebut dapat membawa limbah dan merusak habitat, menghancurkan lahan pertanian dan mengubah dinamika ekosistem. Hal ini dapat memiliki dampak jangka panjang terhadap keberlanjutan alam dan biodiversitas.
Kerusakan infrastruktur	infrastruktur seperti jembatan, jalan raya, rumah, dan fasilitas umum lainnya seringkali rusak parah selama bencana hidrometeorologi. Hal ini tidak hanya merugikan secara ekonomi, tetapi juga dapat menghambat upaya penyelamatan dan pemulihan pasca-bencana

Faktor-faktor yang memperburuk kerentanan terhadap bencana hidrometeorologi melibatkan sejumlah kompleksitas yang melibatkan aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Memahami elemen-elemen ini menjadi kunci dalam pengembangan strategi mitigasi yang efektif dan kesiapsiagaan masyarakat di hadapan ancaman bencana hidrometeorologi. Faktor-faktor berikut sebagai berikut (Shah, et al., 2020):

1. Ketidaksetaraan Sosial

Salah satu faktor utama yang memperburuk kerentanan masyarakat terhadap bencana hidrometeorologi adalah ketidaksetaraan sosial. Kelompok-kelompok yang berada dalam posisi sosial dan ekonomi rendah seringkali lebih rentan terhadap dampak bencana. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan akses terhadap sumber daya, informasi,

dan layanan yang dapat meningkatkan kesiapsiagaan dan daya tanggap. Misalnya, masyarakat miskin yang tinggal di daerah yang rentan terhadap banjir mungkin tidak memiliki akses terhadap informasi peringatan dini atau tidak mampu membangun rumah yang tahan terhadap bencana. Ketidaksetaraan ini dapat memperlebar kesenjangan dalam dampak bencana antara kelompok-kelompok yang berbeda.

2. Kurangnya Infrastruktur Mitigasi

Infrastruktur mitigasi yang tidak memadai menjadi faktor penting yang memperburuk kerentanan terhadap bencana hidrometeorologi. Daerah yang tidak memiliki sistem tanggul yang memadai, saluran air yang baik, atau infrastruktur perlindungan banjir seringkali lebih rentan terhadap dampak bencana. Ketika infrastruktur ini tidak dikelola atau diperbarui dengan baik, risiko banjir, tanah longsor, dan topan dapat meningkat secara signifikan. Oleh karena itu, investasi dalam pembangunan dan pemeliharaan infrastruktur mitigasi menjadi esensial untuk mengurangi kerentanan masyarakat terhadap bencana hidrometeorologi.

3. Ketidakmampuan Mengatasi Perubahan Iklim

Perubahan iklim merupakan faktor penting yang memperburuk kerentanan terhadap bencana hidrometeorologi. Perubahan iklim dapat mengakibatkan peningkatan intensitas dan frekuensi peristiwa cuaca ekstrem, seperti hujan lebat, badai tropis, dan gelombang panas. Masyarakat yang tidak memiliki kapasitas untuk mengatasi perubahan iklim ini menjadi lebih rentan terhadap dampak bencana yang semakin sering dan ekstrem. Perubahan iklim juga dapat menyebabkan ketidakpastian dalam pola

cuaca, membuat perencanaan dan mitigasi lebih sulit dilakukan.

4. Degradasi Lingkungan

Degradasi lingkungan, seperti deforestasi, penurunan kualitas tanah, dan kehilangan habitat alam, juga memainkan peran dalam memperburuk kerentanan terhadap bencana hidrometeorologi. Misalnya, hutan yang rusak tidak lagi berfungsi sebagai pelindung alamiah terhadap banjir. Tanah yang terdegradasi lebih rentan terhadap erosi dan banjir. Oleh karena itu, ketika lingkungan alam rusak, daya dukungnya terhadap keberlanjutan hidrometeorologi berkurang, meningkatkan risiko terjadinya bencana.

5. Ketidakpastian Ekonomi

Ketidakpastian ekonomi dapat memperburuk kerentanan masyarakat terhadap bencana hidrometeorologi. Masyarakat yang bergantung pada sektor pertanian atau nelayan, misalnya, mungkin menghadapi risiko ekonomi yang lebih besar ketika pertanaman atau hasil laut mereka terkena dampak bencana. Ketidakstabilan ekonomi juga dapat mempengaruhi kemampuan masyarakat untuk mempersiapkan diri dan merespons setelah terjadinya bencana. Peningkatan kerentanan ekonomi dapat berdampak negatif pada ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan.

6. Urbanisasi yang Tidak Terkendali

Pertumbuhan populasi perkotaan yang tidak terkendali dapat meningkatkan kerentanan terhadap bencana hidrometeorologi. Pembangunan yang tidak teratur dan pemanfaatan lahan yang tidak berkelanjutan dapat menyebabkan peningkatan risiko banjir dan tanah longsor. Ketika wilayah perkotaan

berkembang tanpa perencanaan yang baik, sistem drainase yang buruk dan peningkatan permukaan keras dapat memperburuk risiko genangan air dan merusak lingkungan alam.

Pemahaman dan Mitigasi Sebagai Solusi

Pentingnya pemahaman yang mendalam terhadap bencana hidrometeorologi menjadi dasar untuk mengembangkan strategi mitigasi yang efektif. Pemantauan dan peringatan dini, infrastruktur tangguh bencana, serta peningkatan kapasitas masyarakat dalam menghadapi bencana menjadi kunci untuk mengurangi dampak yang mungkin terjadi. Oleh karena itu, upaya mitigasi dan adaptasi perlu ditempuh untuk menciptakan ketangguhan terhadap ancaman bencana hidrometeorologi (McBean, 2013).

1. Pemahaman Mendalam Terhadap Bencana Hidrometeorologi:
 - a. *Analisis Risiko*: Pemahaman mendalam tentang faktor-faktor meteorologi dan hidrologi yang dapat menyebabkan bencana, bersama dengan identifikasi wilayah yang rentan, membantu dalam melakukan analisis risiko yang akurat. Ini mencakup pemahaman tentang sejarah peristiwa bencana, pola cuaca, topografi, dan kondisi hidrologi.
 - b. *Prediksi dan Modelisasi*: Pemahaman ini juga melibatkan pengembangan model prediksi dan simulasi yang dapat memberikan perkiraan dampak bencana di masa depan. Ini membantu dalam perencanaan dan mitigasi jangka panjang.

2. Pemantauan dan Peringatan Dini:

- a. *Teknologi Pemantauan Cuaca*: Penggunaan teknologi canggih, seperti satelit cuaca, radar, dan stasiun cuaca otomatis, memungkinkan pemantauan cuaca yang lebih akurat. Informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk memberikan peringatan dini terhadap potensi bencana hidrometeorologi (Petropoulos & Islam, 2017).
- b. *Sistem Peringatan Dini*: Sistem peringatan dini yang efektif memungkinkan pemerintah dan masyarakat untuk mengambil tindakan preventif atau evakuasi tepat waktu. Informasi yang jelas dan mudah dipahami membantu mengurangi risiko dan meminimalkan kerugian.

3. Infrastruktur Tangguh Bencana:

- a. *Konstruksi Tahan Gempa dan Banjir*: Pembangunan infrastruktur yang tahan terhadap gempa bumi, banjir, dan angin kencang menjadi kunci. Ini melibatkan perencanaan dan desain yang mempertimbangkan risiko bencana, seperti pembangunan tanggul, bendungan, dan sistem drainase yang dapat menanggulangi dampak ekstrem cuaca.
- b. *Perencanaan Tata Ruang yang Bijaksana*: Penempatan yang cerdas untuk pemukiman dan infrastruktur di wilayah yang kurang rentan terhadap bencana hidrometeorologi dapat mengurangi potensi kerugian. Perencanaan tata ruang yang bijaksana melibatkan pemahaman mendalam terhadap karakteristik wilayah dan risiko yang terkait.

4. Peningkatan Kapasitas Masyarakat:

- a. *Pendidikan dan Pelatihan:* Memberikan pendidikan dan pelatihan kepada masyarakat mengenai cara menghadapi bencana, rencana evakuasi, dan tindakan yang harus diambil selama krisis adalah langkah penting. Masyarakat yang teredukasi akan lebih mampu mengambil tindakan preventif dan respons cepat.
- b. *Partisipasi Masyarakat:* Melibatkan masyarakat dalam proses perencanaan dan pengambilan keputusan terkait dengan mitigasi bencana adalah kunci. Peningkatan kesadaran dan partisipasi masyarakat dapat meningkatkan ketangguhan dan kapasitas mereka untuk menghadapi bencana hidrometeorologi.

5. Upaya Mitigasi dan Adaptasi:

- a. *Penekanan pada Pembangunan Berkelanjutan:* Upaya mitigasi dan adaptasi tidak hanya berkaitan dengan respons terhadap bencana yang terjadi, tetapi juga dengan pembangunan berkelanjutan. Ini mencakup penerapan praktik-praktik yang berkelanjutan dan ramah lingkungan untuk mengurangi kerentanan terhadap bencana.
- b. *Inovasi Teknologi:* Pengembangan teknologi inovatif dapat meningkatkan kapasitas mitigasi, seperti sistem pemantauan yang lebih canggih, teknologi konstruksi tahan gempa, dan solusi adaptasi yang inovatif.

Daftar Pustaka

- Jayawardena, A.W. (2015). Hydro-meteorological disasters: Causes, effects and mitigation measures with special reference to early warning with data driven approaches of forecasting, *Procedia IUTAM* 17 (2015) 3 – 12. <https://doi.org/10.1016/j.piutam.2015.06.003>.
- Loukas, A., Garrote, L., and Vasiliades, L. (2021). Hydrological and Hydro-Meteorological Extremes and Related Risk and Uncertainty. *Water*, 13(3), 377; <https://doi.org/10.3390/w13030377>.
- McBean, G. (2013). Hydrometeorological Hazards. In: Bobrowsky, P.T. (eds) *Encyclopedia of Natural Hazards*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4399-4_179.
- Paron, P (2023). *Hydro-Meteorological Hazards, Risks, and Disasters 2nd Edition*. Elsevier. United States.
- Petropoulos, G.P., & Islam, T. (Eds.). (2017). *Remote Sensing of Hydrometeorological Hazards (1st ed.)*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315154947>.
- Quevauviller, P. P., (2014). *Hydrometeorological Extreme Events*. Quevauviller. United States.
- Shah, M.A.R., Renaud, F.G., Anderson, C.C., Wild, A., Domeneghetti, A., Polderman, A., Votsis, A., Pulvirenti, B., Basu, B., Thomson, C., Panga, D., Pouta, E., Toth, E., Pilla, F., Sahani, J., Ommer, J., El Zohbi, J., Munro, K., Stefanopoulou, M., Loupis, M., Pangas, N., Kumar, P., Debele, S., Preuschmann, S., and Zixuan, W.(2020). A review of hydro-meteorological hazard, vulnerability, and risk assessment frameworks and indicators in the context of nature-based solutions, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50, 101728, ISSN 2212-4209, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101728>.

The World Risk Report (2016). Alliance Development Works and United Nations University – Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS). Universität Stuttgart, Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (IREUS). ISBN 978-3-946785-02-6.

Wu, H., Huang, M., Tang, Q., Kirschbaum, D. B., and Ward, P. (2016). Hydrometeorological Hazards: Monitoring, Forecasting, Risk Assessment, and Socioeconomic Responses. Hindawi Publishing Corporation Advances in Meteorology. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/2367939>.

Profil Penulis



Dr. Ir. Muhammad Ramdhan Olli, S.T., M.Eng. IPM.

Lahir di Ujung Pandang, 24 Mei 1987. Pendidikan dasar, SMP dan SMA diselesaikan di kota kelahirannya Makassar. Penulis melanjutkan pendidikan S-1 di Jurusan Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia Makassar pada tahun 2005, dan memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) pada tahun 2009. Beliau melanjutkan S-2 (M.Eng.) Pengelolaan Sumber Daya Air (MPSA) di Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan UGM tahun 2011-2013, dan langsung melanjutkan studi S3 (Dr) pada universitas yang sama pada tahun 2013-2018 menggunakan Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) Kemenristek-Dikti Republik Indonesia, Gelar Profesi Insinyur (Ir) diperoleh dari Universitas Tadulako tahun 2021. Penulis merupakan Dosen ASN LLDIKTI XVI Wilayah GoSulutTeng yang dipekerjakan di Universitas Gorontalo sejak tahun 2015 sampai sekarang. Kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi penulis terutama berkaitan erat dengan bidang rakayasa hidrologi, pengembangan sumber daya air, erosi dan konservasi lahan, dan mitigasi bencana. Kegiatan lain yang sering dilakukan secara rutin adalah berpartisipasi sebagai presenter dalam seminar skala nasional dan internasional dan menjadi tenaga ahli Kementerian/Dinas PUPR, Kepolisian Provinsi Gorontalo, Kejaksaan Tinggi Provinsi Gorontalo, BPK Provinsi Gorontalo, dan BPDAS Bone Bolango.

Email Penulis: kakaramdhanolii@gmail.com

KLASIFIKASI BENCANA HIDROMETEOROLOGI

Lailissa'adah, S.Pd., M.Si.
Universitas Samudra

Banjir

Banjir merupakan suatu kejadian yang menimbulkan kekhawatiran di kalangan masyarakat. Hal ini disebabkan oleh tingginya debit air, terbentuknya genangan air dengan tinggi permukaan yang signifikan dalam jangka waktu yang cukup lama, serta adanya materi sisa yang dapat menghambat kegiatan manusia. (Iswardoyo & Satria, 2023). Kedatangan banjir dapat diantisipasi melalui pemantauan curah hujan dan aliran air. Namun terkadang, banjir dapat terjadi secara tiba-tiba akibat badai atau kebocoran tanggul, yang dikenal sebagai banjir bandang. Faktor penyebab banjir mencakup curah hujan tinggi, elevasi permukaan tanah yang lebih rendah dari muka air laut, keberadaan suatu cekungan yang dikelilingi oleh perbukitan dengan kemampuan resapan air yang terbatas, pembangunan di sepanjang sungai, hambatan aliran sungai oleh sampah, dan kurangnya tutupan lahan di daerah hulu sungai. (Saputro dkk., 2022).



Gambar 2.1 Bencana Banjir
(Sumber: BPBD Jawa Timur)

Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), banjir dapat dibedakan menjadi beberapa jenis utama, yaitu:

1. Banjir genangan, sering disebut sebagai banjir sungai, terjadi ketika air dari sungai, danau, atau selokan meluap ke daratan. Curah hujan yang tinggi dan lama di sekitar sumber air tersebut dapat menyebabkan volume air hujan tidak tertampung dengan baik.
2. Banjir bandang adalah jenis banjir yang ditandai oleh volume air yang sangat tinggi yang cepat meluap ke daratan. Debit air yang besar dan bergerak dengan kecepatan tinggi bisa dapat menyebabkan kerusakan signifikan.
3. Banjir rob, atau banjir laut pasang, disebabkan oleh pasang air laut yang mencapai daratan dan menyebabkan genangan air laut di area pemukiman.

Banjir disebabkan oleh sejumlah faktor, termasuk:

1. Perubahan dan Guna Lahan, seperti deforestasi atau transformasi lahan menjadi perkotaan, dapat memodifikasi pola aliran air permukaan.

2. Curah Hujan dan Jenis Tanah, hal ini bisa menyebabkan peningkatan aliran permukaan, terutama jika tanah tidak mampu menyerap air dengan efisien.
3. Tingkat Kelerengan, wilayah dengan kelerengan yang tinggi memiliki risiko lebih tinggi terhadap erosi tanah dan aliran permukaan yang cepat. (Nugroho & Handayani, 2021).

Pengurangan risiko banjir dapat dilaksanakan melalui dua pendekatan utama, yaitu prasarana pengendali banjir dan prasarana pengendali aliran permukaan. Prasarana pengendali banjir mencakup peningkatan kapasitas sungai, pembangunan tanggul, pelimpah banjir, penggunaan pompa, pembangunan bendungan, dan perbaikan sistem drainase perkotaan. Sementara itu, prasarana pengendali aliran permukaan melibatkan pembuatan resapan air dan konstruksi penampung banjir (Astuti & Sudarsono, 2020).

Tanah Longsor

Tanah longsor, sebagai bencana alam, berdampak serius pada korban jiwa dan kerugian ekonomi. Longsor merupakan pergerakan massa dari rombakan batuan yang dapat meluncur atau menggeser (sliding/slipping), bahkan berputar (rotational), diakibatkan oleh gaya gravitasi yang membuat gerakannya lebih cepat dengan kandungan air yang lebih sedikit. Kejadian ini bersumber dari perubahan struktur permukaan bumi, terutama karena gangguan kestabilan pada tanah atau batuan pembentuk lereng. (Rahmat dkk., 2020).

Jenis tanah longsor meliputi longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batuan, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan.

1. Longsoran translasi adalah gerakan massa tanah dan batuan pada bidang gelincir yang berbentuk merata atau menggelombang landai.
2. Longsoran rotasi terjadi saat massa tanah dan batuan bergerak pada bidang gelincir yang berbentuk cekung.
3. Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir yang rata, juga dikenal sebagai longsoran translasi blok batu.
4. Runtuhan batuan terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain jatuh bebas ke bawah, umumnya pada lereng yang terjal hingga menggantung.
5. Rayapan tanah merupakan jenis tanah longsor yang bergerak lambat, terdiri dari butiran kasar dan halus.
6. Aliran bahan rombakan terjadi ketika massa tanah digerakkan oleh air, dengan kecepatan tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya. (DWIJAYA, 2019).



Gambar 2.2 Bencana Tanah Longsor
(Sumber: BPBD Kabupaten Kulon Progo)

Mitigasi tanah longsor melibatkan serangkaian tindakan pencegahan dan intervensi. Langkah-langkah ini termasuk pengelolaan tanah dan air dengan pengaturan

tata guna lahan, penghijauan, dan pembangunan sistem drainase. Penggunaan struktur teknis seperti tanggul, pelimpah, atau terowongan dapat membantu mengendalikan aliran air dan memperkuat lereng. Edukasi masyarakat mengenai risiko tanah longsor dan pembentukan sistem peringatan dini menjadi strategi penting, sementara pemantauan terus-menerus dan proyek rehabilitasi lereng dapat membantu mengurangi dampak potensial. (Susanti & Anggara, 2020).

Badai dan Topan

Siklon tropis, yang juga dikenal sebagai angin ribut atau angin topan, merupakan peristiwa luar biasa dan fenomena geofisika yang dapat terjadi. Klasifikasi siklon tropis didasarkan pada kecepatan angin maksimum, yang diukur pada ketinggian 10 meter di atas permukaan laut atau tanah, dengan rata-rata kecepatan selama 10 menit. Siklon tropis merupakan pusaran angin kuat dengan kecepatan angin maksimum mencapai 17 m/s atau kurang. Ketika kecepatan angin berkisar antara 18-32 m/s, disebut sebagai badai tropis. Siklon tropis dengan kecepatan angin mencapai 33 m/s atau lebih disebut sebagai angin ribut di sebelah Barat Atlantik Utara dan wilayah Timur Pasifik Utara, sementara di sebelah Barat Pasifik Utara disebut angin topan, dan dikenal sebagai siklon tropis hebat di beberapa tempat. (DWIJAYA, 2019). Sedangkan badai siklon tropis adalah badai dengan intensitas yang tinggi dan cenderung memiliki radius rata-rata sekitar 150-200 km. Siklon tropis ini muncul dari lautan yang memiliki suhu air lebih dari 26,5 derajat Celsius dan ditandai dengan angin kencang berputar dengan kecepatan minimum 63 km/jam. (Annada & Kumalawati, 2023).



Gambar 2.3 Bencana Badai dan Angin Topan
(Sumber: Kelas Pintar)

Mitigasi badai dan angin topan melibatkan serangkaian tindakan preventif dan persiapan yang bertujuan untuk mengurangi risiko serta dampak yang mungkin ditimbulkan oleh bencana tersebut. Beberapa strategi mitigasi termasuk:

1. Perencanaan Tata Ruang
 - a. Membatasi pembangunan di daerah rawan badai atau angin topan.
 - b. Menetapkan standar bangunan dan konstruksi yang tahan terhadap tekanan angin.
2. Peringatan Dini dan Evakuasi
 - a. Pengembangan sistem peringatan dini yang efisien.
 - b. Penyelenggaraan simulasi evakuasi secara rutin dan peningkatan kesadaran.
3. Pengelolaan Vegetasi
 - a. Pelestarian dan penanaman vegetasi pantai sebagai bentuk perlindungan alami.
 - b. Praktik pengelolaan hutan (Opilah dkk., 2023).

Kekeringan

Perubahan iklim menjadi penyebab utama terjadinya bencana kekeringan. Kekeringan dapat dijelaskan sebagai kondisi dimana pasokan air pada suatu wilayah mengalami kekurangan dalam jangka waktu yang lama, mencakup periode beberapa bulan hingga bertahun-tahun. Bencana kekeringan bukanlah isu sepele, karena masalah ini terkait langsung dengan ketersediaan air yang merupakan kebutuhan pokok manusia sehari-hari (Minhar & Aco, 2021).



Gambar 2.4 Bencana Kekeringan
(Sumber: Kementerian Komunikasi dan Informatika)

Ada empat tipe kekeringan yang dapat terjadi. Pertama, kekeringan meteorologi muncul ketika suhu tinggi dan curah hujan rendah menyebabkan kekeringan di suatu wilayah, dapat berlangsung dalam jangka waktu yang lama, dan mengakibatkan tanah menjadi kering serta sumber daya air berkurang. Kedua, kekeringan hidrologi terjadi ketika pasokan air dalam sumber daya air seperti sungai, danau, atau waduk mengalami penurunan signifikan, dapat menyebabkan kekurangan air bagi manusia, hewan, dan tanaman. Ketiga, kekeringan pertanian terjadi saat curah hujan rendah atau suhu tinggi mengganggu pertumbuhan tanaman dan

ketersediaan air untuk pertanian. Ini dapat mengakibatkan gagal panen, penurunan produksi pertanian, dan kerugian ekonomi bagi petani. Terakhir, kekeringan sosial-ekonomi terjadi ketika kekurangan air memiliki dampak sosial serius pada masyarakat, seperti kekurangan pasokan air minum yang dapat menjadi penyebab kerusuhan, migrasi paksa, dan konflik terkait akses dan penggunaan sumber daya air. Keempat tipe kekeringan ini saling terkait dan dapat memperburuk kondisi kekeringan secara keseluruhan di suatu wilayah. (Bendi & Kaesmetan, 2024).

Mitigasi kekeringan melibatkan serangkaian strategi dan tindakan untuk mengurangi risiko serta dampak kekeringan. Berikut adalah beberapa upaya mitigasi kekeringan:

1. Konservasi Air dan Pengelolaan Sumber Daya
 - a. Promosi praktik konservasi air di rumah tangga, industri, dan pertanian.
 - b. Pengelolaan yang berkelanjutan terhadap sumber daya air.
2. Peningkatan Infrastruktur Air

Pembangunan sistem penyediaan air yang efisien dan tahan kekeringan.

Pengembangan infrastruktur penyimpanan air.
3. Pertanian Berkelanjutan
 - a. Pengenalan praktik pertanian yang efisien air.
 - b. Diversifikasi tanaman (Sariani & Andrasmo, 2023).

Hujan Es dan Badai Salju

Pada saat perubahan musim dari kemarau ke musim hujan atau sebaliknya di beberapa bagian Indonesia, cuaca seringkali menjadi ekstrem. Salah satu contohnya adalah turunnya hujan es. Hujan es adalah bentuk presipitasi yang terdiri dari butiran es dengan diameter minimal 5 milimeter, yang berasal dari awan Cumulonimbus. Kejadian hujan es ini dipicu oleh aktivitas updraft yang kuat pada awan Cumulonimbus. (Prasetyo dkk., 2020). Adapun badai salju merujuk pada situasi cuaca yang ekstrem di mana terjadi turunnya salju dalam jumlah besar, sering disertai oleh angin kencang. Kejadian ini dapat menciptakan kondisi cuaca yang sulit dan berbahaya. Faktor-faktor seperti suhu udara rendah, kelembaban tinggi, dan tekanan udara yang sesuai dapat menyebabkan terjadinya badai salju. (FRITZ, 2022).



Gambar 2.5 Bencana Hujan Es
(Sumber: Sukabumi Update)



Gambar 2.6 Bencana Badai Salju

(Sumber: detik.com)

Hujan es dan badai salju merupakan dua fenomena cuaca yang berbeda, meskipun keduanya terkait dengan pembekuan air. Hujan es terjadi ketika tetesan air jatuh dari awan dalam bentuk cair, namun kemudian membeku saat melewati lapisan udara yang dingin di atmosfer. Hasilnya adalah butiran es yang jatuh ke bumi. Di sisi lain, badai salju terbentuk ketika partikel es di atmosfer bergabung dan membentuk kristal salju yang besar. Badai salju terjadi saat udara dingin dapat mempertahankan kristal salju ini, sehingga terbentuklah lapisan salju yang menutupi permukaan bumi. Perbedaan utama antara keduanya adalah pada proses pembentukan, di mana hujan es terkait dengan pembekuan tetesan air, sedangkan badai salju melibatkan pembentukan kristal salju di atmosfer yang kemudian turun ke bumi sebagai hujan es. (FRITZ, 2022).

Mitigasi hujan es dan badai salju melibatkan upaya-upaya untuk mengurangi dampak negatif yang mungkin ditimbulkan oleh dua fenomena cuaca ini. Dalam menghadapi hujan es, langkah-langkah mitigasi melibatkan pemberian peringatan dini kepada masyarakat, memperkuat infrastruktur, dan menyediakan sistem drainase yang efektif. Pemberian

peringatan dini memungkinkan masyarakat untuk bersiap-siap dan mengambil langkah-langkah keamanan saat hujan es terjadi. Penguatan infrastruktur, seperti peningkatan kualitas atap dan struktur bangunan, dapat mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh beban berat hujan es. Selain itu, sistem drainase yang baik dapat membantu mengurangi risiko banjir akibat penumpukan air akibat hujan es. (Hidayat dkk., 2017).

Sementara itu, mitigasi terhadap badai salju melibatkan pengembangan sistem manajemen salju yang efisien, pemeliharaan jaringan transportasi, dan edukasi masyarakat. Sistem manajemen salju mencakup penggunaan alat-alat pembersih salju, penebaran garam untuk mencairkan es di jalan, dan pemantauan kondisi cuaca secara real-time. Pemeliharaan jaringan transportasi melibatkan pemindahan salju dari jalan dan perawatan jalur kereta api agar tetap beroperasi. Edukasi masyarakat tentang langkah-langkah keselamatan dan persiapan pribadi juga merupakan aspek penting dalam mengurangi dampak buruk badai salju, sehingga masyarakat dapat menghadapinya dengan lebih baik dan mengurangi risiko kecelakaan atau gangguan lainnya. (Adri dkk., 2020).

Gelombang Pasang dan Abrasi Pantai

Gelombang pasang adalah naik turunnya permukaan laut secara berkala yang disebabkan oleh gaya tarik gravitasi dari Bulan dan Matahari terhadap Bumi. Pergerakan air laut terjadi karena pengaruh gaya gravitasi tersebut, menyebabkan ketinggian air yang meningkat, yang kita sebut sebagai pasang laut. Setelah itu, ketika gaya tarik tersebut berkurang, air laut kembali ke tingkat semula, yang kita kenal sebagai surut laut. Fenomena ini terjadi secara teratur dan dikendalikan oleh posisi relatif Bulan, Matahari, dan Bumi. Gelombang pasang memiliki dampak

penting terutama di daerah pesisir, termasuk potensi banjir pasang yang dapat menimbulkan kerusakan dan gangguan bagi manusia (Lindawati & Kushadiwijayanto, 2018).



Gambar 2.7 Gelombang Pasang

(Sumber: KOMPAS.com)

Abrasi merupakan proses alami yang menyebabkan pengikisan tanah di daerah pantai, disebabkan oleh gelombang dan arus laut yang dapat merusak, kadang-kadang disebut sebagai erosi pantai. Salah satu penyebab kerusakan pantai ini dapat disebabkan oleh ketidakseimbangan alam di wilayah pesisir. Meskipun keausan umumnya disebabkan oleh fenomena alam, banyak tindakan manusia juga berperan dalam meningkatkan keausan pantai. Secara sederhana, abrasi adalah proses pengikisan wilayah pesisir oleh gelombang dan arus laut yang merusak. Dengan adanya erosi, wilayah pesisir mengalami pengurangan, terutama di daerah yang paling dekat dengan laut yang menjadi fokus erosi. Akibatnya, garis pantai dapat terus mengalami erosi, dan air laut dapat meluap ke sekitar garis pantai. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan penyebab abrasi, dampak lingkungan sosial, dan dampak ekonomi yang terjadi di berbagai daerah pantai di berbagai Kabupaten di Indonesia (Palisu dkk., 2022).



Gambar 2.8 Abrasi Pantai

(Sumber: Pusat Krisis - Kementerian Kesehatan)

Mitigasi abrasi pantai dapat dilakukan oleh siapa pun yang bertujuan untuk mengurangi atau mencegah dampak negatif pengikisan wilayah pesisir. Berikut adalah tiga langkah utama mitigasi abrasi pantai:

1. Pemulihan Vegetasi Pantai

Untuk mengurangi abrasi pantai, dapat dilakukan pemulihan atau penanaman kembali tanaman pantai, seperti mangrove dan tanaman dengan akar kuat lainnya.

2. Pembangunan Struktur Pertahanan Pantai

Membangun struktur pertahanan pantai, seperti tanggul, benteng, atau dinding penahan, dapat membantu mengurangi dampak abrasi.

3. Manajemen Tepi Pantai Berkelanjutan

Pelaksanaan praktik manajemen tepi pantai yang berkelanjutan melibatkan kerjasama antara pemerintah, komunitas lokal, dan pemangku kepentingan lainnya. (Sulaiman, 2021).

Pemanasan Global dan Perubahan Iklim

Pemanasan global adalah kondisi kenaikan suhu rata-rata di Bumi yang disebabkan oleh aktivitas manusia,

terutama dalam pelepasan gas rumah kaca ke atmosfer. Dampaknya termasuk perubahan iklim global, dengan suhu permukaan Bumi naik sekitar 5 derajat Celsius per tahun. Ini mengakibatkan mencairnya es di kutub Utara dan Selatan, yang dapat mengakibatkan kenaikan permukaan laut dan ancaman terhadap pulau-pulau. Mencairnya es juga mempengaruhi permafrost di Siberia, yang menyebabkan runtuhnya pemukiman dan rumah-rumah yang dibangun di atas permafrost. Pemanasan global secara signifikan memengaruhi struktur alam dan pemukiman manusia di seluruh dunia (Samidjo & Suharso, 2017).



Gambar 9. Ilustrasi Perbedaan Bumi Sebelum dan Sesudah Perubahan Iklim yang Pemanasan Global

(Sumber: Kompas.id)

Perubahan iklim sebagai akibat dari pemanasan global memiliki dampak yang signifikan, seperti kenaikan permukaan laut yang dapat mengakibatkan tenggelamnya pulau-pulau kecil. Selain itu, peningkatan suhu laut dapat menyebabkan penurunan hasil perikanan, sementara kenaikan suhu udara berpotensi meningkatkan penyebaran penyakit. Peningkatan curah hujan dapat memicu banjir dan longsor, sedangkan

perubahan musim tanam dan peningkatan penguapan bersama dengan peningkatan intensitas badai tropis dapat meningkatkan risiko bencana dan kerentanan transportasi. Untuk mengatasi dan mencegah dampak-dampak tersebut, diperlukan upaya bersama dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, masyarakat, dan lembaga pendidikan. Salah satu langkah yang dapat diambil adalah melalui pelestarian lingkungan hidup, dan hal ini dapat dilakukan melalui upaya pendidikan lingkungan oleh lembaga pendidikan dan sekolah (Leu, 2021).

Perbandingan Bencana Hidrometeorologi

Bencana hidrometeorologi merujuk pada bencana alam yang dipengaruhi oleh faktor cuaca, seperti curah hujan, suhu, kelembaban, dan angin. BNPB mencatat bahwa bencana hidrometeorologi mendominasi bencana alam di Indonesia. Potensi tinggi dari bencana ini dapat diatributkan kepada letak geografis dan kondisi topografi Benua Maritim Indonesia. Kehadiran Benua Maritim Indonesia di sekitar Khatulistiwa berpengaruh pada dinamika atmosfer, yang menghasilkan efek seperti penerimaan radiasi matahari harian yang tinggi (albedo), gaya Coriolis yang rendah mengakibatkan daya apung, dan pembentukan awan konvektif yang kuat, seperti Cumulus dan Cumulonimbus. (Saragih dkk., 2021).

Beberapa jenis bencana hidrometeorologi adalah banjir, tanah longsor, badan dan topan, kekeringan, hujan es dan badai salju, gelombang pasang dan abrasi pantai, serta pemanasan global dan perubahan iklim. Semua bencana tersebut memiliki penyebab dan dampak yang berbeda-beda.

Bencana hidrometeorologi, termasuk banjir, tanah longsor, badai dan topan, kekeringan, hujan es dan badai salju, gelombang pasang dan abrasi pantai, serta pemanasan global dan perubahan iklim, memiliki karakteristik yang berbeda-beda dalam hal penyebab dan dampaknya. Banjir dan tanah longsor, misalnya, sering kali terjadi sebagai akibat dari curah hujan yang tinggi. Banjir biasanya terjadi ketika aliran sungai tidak dapat menampung volume air yang berlebih, sedangkan tanah longsor dapat terjadi di lereng yang jenuh air dan labil. Keduanya dapat menyebabkan kerusakan besar terhadap permukiman, pertanian, dan infrastruktur.

Badai dan topan, di sisi lain, berkaitan dengan angin kencang dan hujan deras. Topan terbentuk di atas lautan tropis, sementara badai dapat mencakup wilayah yang lebih luas. Keduanya dapat menyebabkan kerusakan signifikan di wilayah pesisir, termasuk gelombang pasang yang tinggi. Kekeringan, sebagai bencana hidrometeorologi lainnya, dipicu oleh kurangnya curah hujan yang berkepanjangan. Ini dapat mengakibatkan kekurangan air untuk pertanian, pemenuhan kebutuhan air sehari-hari, dan menyebabkan kekeringan tanah.

Hujan es dan badai salju umumnya terkait dengan kondisi cuaca dingin. Hujan es dapat merusak tanaman dan infrastruktur, sementara badai salju dapat mengakibatkan gangguan transportasi dan menyebabkan beban tambahan pada struktur bangunan. Gelombang pasang dan abrasi pantai terjadi akibat dinamika air laut. Gelombang pasang, yang terkait dengan badai atau topan, dapat menyebabkan banjir di daerah pesisir. Sementara abrasi pantai melibatkan erosi tanah di daerah pantai akibat gelombang dan arus laut. Pemanasan global dan perubahan iklim adalah bencana hidrometeorologi yang bersifat jangka panjang dan kompleks. Perubahan iklim dapat menyebabkan peningkatan suhu global, perubahan

pola hujan, dan naiknya permukaan laut, yang semuanya memiliki dampak signifikan terhadap ekosistem dan manusia di seluruh dunia.

Daftar Pustaka

- Adri, K., Rahmat, H. K., Ramadhani, R. M., Najib, A., & Priambodo, A. (2020). Analisis Penanggulangan Bencana Alam dan Natech Guna Membangun Ketangguhan Bencana dan Masyarakat Berkelanjutan di Jepang. *NUSANTARA: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 7(2), 361–374.
- Annada, A. R., & Kumalawati, R. (2023). Bencana Badai Siklon Tropis Di Indonesia. *Environmental Science Journal (esjo): Jurnal Ilmu Lingkungan*, 27–31.
- Astuti, A. F., & Sudarsono, H. (2020). Analisis penanggulangan banjir sungai kanci. *Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur*, 7(3).
- Bendi, M. I., & Kaesmetan, Y. R. (2024). Informasi Peringatan Dini Potensi Kekeringan Meteorologis Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi (JIKOMSI)*, 7(1), 45–46.
- DWIJAYA, A. C. (2019). *HUBUNGAN TINGKAT PENGETAHUAN MASYARAKAT DENGAN PENANGGULANGAN BENCANA TANAH LONGSOR*.
- FRITZ, V. I. (2022). *OPTIMALISASI PENGAMATAN AWAN UNTUK MEMPREDIKSI DATANGNYA BADAI DAN HUJAN DALAM KESELAMATAN PELAYARAN DI STASIUN METEOROLOGI MARITIM TANJUNG MAS SEMARANG. KARYA TULIS*.
- Hidayat, A. M., Efendi, U., & Rahmadini, H. N. (2017). Identifikasi Kejadian Hujan Es Berbasis Analisis Faktor Cuaca, Citra Satelit dan Model Numerik dengan Aplikasi GrADS (Studi Kasus: Kejadian Hujan Es Tanggal 19 dan 23 April 2017 di Bandung). *Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-4*, 429–440.
- Iswardoyo, J., & Satria, H. (2023). ANALISIS DAERAH TERDAMPAK BANJIR BANDANG MENGGUNAKAN HEC-RAS 2 DIMENSI DI SUNGAI SAT, KABUPATEN PATI, JAWA TENGAH. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 14(1), 13–26.

- Leu, B. (2021). Dampak pemanasan global dan upaya pengendalian melalui pendidikan lingkungan hidup dan pendidikan islam. *AT-TADBIR: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 1(2), 1–15.
- Lindawati, L., & Kushadiwijayanto, A. A. (2018). Karakteristik perambatan gelombang pasang surut di estuari kapuas kecil. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 1(3), 61–66.
- Minhar, D. R., & Aco, F. (2021). Mitigasi Bencana Dalam Mengatasi Kekeringan Di Kalurahan Gayamharjo Kapanewon Prambanan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Eneresia Publika: Energi, Sosial, Dan Administrasi Publik*, 5(1), 368–381.
- Nugroho, D. A., & Handayani, W. (2021). Kajian Faktor Penyebab Banjir dalam Perspektif Wilayah Sungai: Pembelajaran Dari Sub Sistem Drainase Sungai Beringin. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 17(2), 119–136.
- Opilah, B. S., Karyadi, B., Johan, H., & Mayub, A. (2023). Model Integrasi Mitigasi Bencana Gempa Bumi pada Konsep Gelombang. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 11(1), 28–39.
- Palisu, B. J., Fiqri, M. R., & Assidiq, F. M. (2022). Investigasi Bencana Abrasi di Berbagai Wilayah Masyarakat Pesisir di Indonesia. *SENSISTEK: Riset Sains dan Teknologi Kelautan*.
- Prasetyo, S., Rumahorbo, I., Hidayat, U., & Sagita, N. (2020). Analisis Kondisi Atmosfer pada Kejadian Hujan Es (Studi kasus: Bogor, 23 September 2020). *Seminar Nasional Kahuripan*, 295–300.
- Rahmat, H. K., Pratikno, H., Gustaman, F. A. I., & Dirhamsyah, D. (2020). Persepsi Risiko dan Kesiapsiagaan Rumah Tangga dalam Menghadapi Bencana Tanah Longsor di Kecamatan Sukaraja Kabupaten Bogor. *SOSIOHUMANIORA: Jurnal Ilmiah Ilmu Sosial dan Humaniora*, 6(2), 25–31.

- Samidjo, J., & Suharso, Y. (2017). Memahami pemanasan global dan perubahan iklim. *Online Journal of Ivet University*, 24(2), 36–46.
- Saputro, W., Anwar, P., Supriyatna, A., & Iswanto, S. (2022). Implementasi sistem pendeteksi banjir di Kp. Kojan RW 06 Kalideres Jakarta Barat berbasis internet of things. *Publikasi Pengabdian Masyarakat Komputer dan Teknologi (PUNDIMASKOT)*, 1(1), 55–58.
- Saragih, I. J. A., Sirait, M., & Sari, D. A. (2021). Deskripsi Opini Publik tentang Bencana Alam untuk Rencana Studi Mitigasi di Indonesia (Studi kasus: Bencana Hidrometeorologi). *Jurnal Meteorologi, Klimatologi Geofisika dan Instrumentasi (MKGI)*, 1(1), 33–39.
- Sariani, N., & Andrasromo, D. (2023). ANALISIS KAJIAN PENDIDIKAN MITIGASI BENCANA KEKERINGAN PADA SISWA MADRASAH ALIYAH PONPES WALISONGO KOTA PONTIANAK. *Jurnal PIPSI (Jurnal Pendidikan IPS Indonesia)*, 8(2), 211–221.
- Sulaiman, I. D. M. (2021). *Teknologi Pagar Untuk Penanggulangan Erosi dan Abrasi Pantai*. Deepublish.
- Susanti, E., & Anggara, I. P. (2020). Analisis Mitigasi Penanggulangan Bencana Di Kabupaten Ogan Komering Ulu Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmiah Wahana Bhakti Praja*, 10(2), 324–332.

Profil Penulis



Lailissa'adah, S.Pd., M.Si

Penulis di lahirkan di pada tanggal 9 Juni 1993. Ketertarikan penulis terhadap ilmu kebencanaan dimulai pada tahun 2017 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk *crossline* masuk ke Magister Ilmu Kebencanaan Universitas Syiah Kuala dan berhasil lulus pada tahun 2021. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Samudra. Penulis juga aktif dalam kegiatan ilmiah dan organisasi keprofesian. Sehari-harinya bekerja sebagai dosen pengampu mata kuliah Kalkulus, Statistik dan juga Mitigasi Bencana. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan *book chapter*.

Email Penulis: lailissaadah@unsam.ac.id

PERAN METEOROLOGI DALAM BENCANA HIDROMETEOROLOGI

Aptu Andy Kurniawan, S.T., M.I.L
Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air
Kabupaten Malang

Pendahuluan

Salah satu penyebab bencana yang paling fenomenal dan paling berdaya jangkau luas ke seluruh permukaan bumi dan ruang di atasnya adalah perubahan iklim akibat pemanasan global. Perubahan iklim secara terus-menerus dan terjadi secara signifikan inilah yang mengakibatkan munculnya bencana hidrometeorologi yang menjalar hingga seluruh dunia. Sebelum membahas konsep bencana hidrometeorologi, berikut adalah definisi singkat dari bencana ini: Bencana merupakan kejadian yang di sebabkan peristiwa atau serangkaian peristiwa yang di sebabkan aktifitas Tektonik antara lain adalah gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, tanah longsor, kekeringan dan angin puting beliung. Sehingga mampu menyebabkan kerusakan, kerugian harta benda, bahkan kehilangan jiwa, raga dan nyawa. Adapun definisi menurut Undang-undang nomor 24 Tahun 2007 Pasal 1 angka 1 bahwa bencana tersebut dapat di generalisasi menjadi beberapa kondisi dan kriteria sabagaimana berikut:

Adanya kejadian peristiwa

1. Terjadi karena adanya faktor alam ataupun ulah tangan manusia
2. Terjadi secara tiba-tiba namun ada juga yang secara bertahap
3. Menimbulkan hilangnya jiwa manusia, harta benda, kerugian sosialekonomi, kerusakan lingkungan, dan lain-lain.
4. Berada diluar kemampuan masyarakat untuk menanggulangnya

Menurut Undang-Undang No 24 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana, bencana diklasifikasikan atas 3 jenis sebagai berikut:

1. Bencana Alam

bahwa bencana tersebut dapat di generalisasi menjadi beberapa kondisi dan kriteria sabagaimana berikut:

Adapun jenis-jenis Bencana alam pada umumnya dikelompokkan menjadi enam jenis kelompok sebagaimana berikut:

- a. Bencana geologi yaitu letusan gunung api, gempa bumi/tsunami, longsor/gerakan tanah.
- b. Bencana hydro-meteorologi antara lain banjir, banjir bandang, badai/angina topan, kekeringan, rob/air laut pasang, kebakaran hutan.
- c. Bencana biologi antara lain epidemic, penyakit tanaman/hewan.
- d. Bencana kegagalan teknologi antara lain kecelakaan industri, kecelakaan transportasi, kesalahan design teknologi. Kelalaian manusia dalam pengoperasian produk teknologi.

- e. Bencana lingkungan antara lain pencemaran, abrasi pantai, kebakaran (*urban fire*), kebakaran hutan.
- f. Bencana sosial antara lain konflik sosial, terorisme/ledakan bom, dan eksodus (pengungsian secara besar-besaran).

2. Bencana Non Alam

Adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa non alam antara lain berupa gagal teknologi, modernisasi, epidemic dan wabah penyakit

3. Bencana Sosial

Adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa yang diakibatkan oleh manusia yang meliputi konflik sosial antar kelompok, antar komunitas masyarakat dan teror.

Adapun dalam penelitian yang akan dilakukan yakni terfokus pada Bencana Hidrometeorologi. Hidrometeorologi ialah pengistilahan dari jenis macam bencana yang di picu dari latar belakangnya. Bencana tersebut disebabkan oleh aktifitas air dan atau cuaca/iklim, seperti banjir, tanah longsor, kekeringan, dan angin puting beliung. Menurut BNPB (Badan Nasional penanggulangan Bencana) bencana tersebut yang paling sering terjadi di Indonesia hingga mencapai angka 98% dan sisanya bencana Geologi.

PBB mendefinisikan ancaman hidrometeorologi sebagai sebuah proses atau fenomena dari atmosferik, hidrologis, atau oseanografis yang pada dasarnya dapat menyebabkan kehilangan nyawa, luka-luka atau dampak kesehatan lainnya, kerusakan properti, kehilangan mata pencaharian dan pelayanan, gangguan sosial dan ekonomi, atau kerusakan lingkungan.

Ancaman bencana hidrometeorologi meliputi topan, kekeringan, banjir, gelombang panas, hujan salju tebal, badai, dan gelombang badai, tapi dapat juga meningkat pada ancaman bencana lain, seperti wabah, tanah longsor, wabah belalang, dan kebakaran hebat. Bencana hidrometeorologi (bencana alam meteorologi) adalah bencana alam yang berhubungan dengan iklim. Bencana hidrometeorologi berupa banjir, Tanah longsor, puting beliung, gelombang pasang, dan kekeringan. Berbagai studi telah menunjukkan bahwa ancaman bencana hidrometeorologi, iklim, cuaca dan bencana yang berhubungan dengan air seperti topan, kekeringan dan banjir terhitung untuk angka terbesar dari bencana alam di seluruh dunia dan mempengaruhi lebih banyak orang daripada jenis ancaman bencana alam lainnya.

Peranan Meteorologi

Ada tiga pendekatan meteorologi penting diusulkan untuk membantu mengurangi terjadinya bencana alam yang dipicu oleh iklim. Pendekatan pertama mendukung penguatan infrastruktur sosial-ekonomi dan politik untuk menghadapi kekuatan iklim ekstrem yang ada, khususnya curah hujan lebat dan angin kencang. Pendekatan kedua mendorong penelitian ilmiah yang berkelanjutan dan kemajuan dalam pengamatan, pemantauan dan prediksi cuaca oleh para ahli melalui penerapan peralatan meteorologi manual dan otomatis. Pendekatan terakhir berfokus pada kesiapan masyarakat untuk merespons dengan cepat terhadap peringatan cuaca berbahaya, baik dengan cara pindah ke lingkungan yang lebih aman atau secara langsung menghindari serangan cuaca yang ada dengan tetap berada di dalam ruangan di dalam bangunan yang terlindungi dengan baik.

Layanan Meteorologi untuk Pencegahan dan Mitigasi Risiko Bencana

Layanan meteorologi berkaitan dengan proses yang berkelanjutan dalam mengamati, mengumpulkan, mencatat, dan mempublikasikan variabel meteorologi yang penting seperti curah hujan, suhu, kelembapan, angin, awan, dan sebagainya yang sepenuhnya terkait dengan wilayah iklim atau tempat yang dibatasi. Dalam pertimbangan ini, arahan otentik diberikan kepada publik dengan menggunakan media radio dan televisi mengenai metode dan prinsip-prinsip yang mengatur penggunaan elemen meteorologi secara efektif yang dikumpulkan oleh organisasi meteorologi pusat. Dalam kasus Indonesia, kami memiliki Badan Meteorologi Geofisika (BMKG) yang melaksanakan layanan penting ini melalui media radio dan televisi. Pada bagian ini, kami mencoba untuk membahas posisi layanan meteorologi dalam mencegah bahaya yang disebabkan oleh iklim dan bahaya lingkungan lainnya di Indonesia.

Data iklim yang penting harus diamati, dikumpulkan, diproses dan didokumentasikan dengan menggunakan instrumen meteorologi standar di bawah manajemen ahli meteorologi yang sempurna di Indonesia. Rekomendasi ini menyerukan pendirian sejumlah stasiun meteorologi di seluruh negeri oleh pemerintah. Dengan cara ini, jaringan akumulasi dan dokumentasi informasi iklim yang padat akan terbentuk. Informasi iklim yang diperlukan dalam hal ini termasuk curah hujan, suhu, angin dan kecepatan angin, kelembapan, tekanan, tutupan awan, penguapan, radiasi, dan sinar matahari.

Parameter iklim ini dapat digunakan oleh ahli meteorologi atau klimatologi untuk mengeluarkan peringatan dini cuaca di daerah-daerah di negara tersebut yang mungkin rentan terhadap bahaya yang disebabkan oleh iklim atau

cuaca dengan magnitudo yang berbeda. Media terbaik untuk menjangkau masyarakat adalah melalui radio, televisi, telepon seluler, penyuluhan di pasar, sekolah, dan tempat ibadah, serta penggunaan pembawa berita lokal.

Inti dari peringatan cuaca ini adalah untuk menyadarkan masyarakat agar mempersiapkan diri secara memadai untuk menghadapi dampak buruk yang mungkin timbul dari bahaya atau bencana cuaca tersebut. Persiapan yang memadai dalam pertimbangan ini termasuk relokasi segera orang-orang ke tempat yang lebih aman dan terjamin, penyediaan dan akumulasi varietas makanan dengan obat-obatan, penyimpanan air bersih untuk konsumsi manusia, dan undangan dari badan-badan keamanan untuk memfasilitasi keselamatan bersama orang-orang dengan properti mereka. Peralatan memasak juga diperlukan sementara bangunan tahan cuaca harus didirikan sebelum terjadinya bahaya yang diantisipasi untuk mengakomodasi para pengungsi tanpa penundaan yang tidak semestinya oleh lembaga-lembaga yang bersangkutan. Rekomendasi-rekomendasi ini merupakan tahap pertama dalam persiapan untuk mencegah dampak negatif dari bencana yang disebabkan oleh cuaca

Fase kedua berfokus pada strategi empiris yang dapat membantu mengurangi bahaya yang disebabkan oleh cuaca yang tak terelakkan pada suatu lingkungan. Pertama, semua rumah yang dibangun dan terletak di lereng curam, lembah sungai, dataran banjir, sabuk pantai dan muara harus dikosongkan sementara penghuninya berhak mendapatkan evakuasi segera ke lanskap yang lebih aman dengan bangunan yang aman yang dirancang untuk menahan kekuatan iklim ekstrem yang ada seperti badai angin, curah hujan lebat, banjir, dan badai petir. Selain itu, barang-barang ekonomi yang vital dan industri penghasil kekayaan lainnya, terutama makanan, tekstil, farmasi, energi dan air, harus

diamankan dan dilindungi. Langkah-langkah ini membutuhkan keterampilan yang tinggi, dana yang memadai, teknologi, kerjasama, persuasi dan pencerahan antara masyarakat yang bersangkutan dengan instansi pemerintah untuk dapat direalisasikan. Rekomendasi ini diperlukan karena tujuan dari pendekatan mitigasi dalam kajian meteorologi adalah untuk mengurangi bahaya, melindungi kehidupan manusia, mengamankan pendapatan, dan mengurangi deprivasi sosial, psikologis, dan ekonomi yang mengikuti terjadinya bencana di suatu tempat atau wilayah yang telah ditentukan.

Mitigasi bencana dalam studi meteorologi membutuhkan upaya yang peduli dari para spesialis di berbagai disiplin ilmu seperti arsitek, ahli hidrologi, insinyur struktur, sipil dan mekanik, fisikawan, perencana fisik, ilmuwan politik, sosiolog, ekonom, dan ahli iklim. Selain itu, kantor-kantor pemerintah yang dibutuhkan dalam hal ini termasuk pekerjaan umum, perusahaan air, perencanaan kota, badan meteorologi, perencanaan darurat, kesehatan masyarakat, dan urusan sosial. Dalam kondisi bencana yang ekstrim, badan-badan internasional yang memiliki kapasitas untuk mengelola dan menyediakan sarana yang dibutuhkan manusia secara tepat waktu, terutama makanan, air, obat-obatan, tempat penampungan sementara, dan keamanan, diundang. Badan-badan bantuan Perserikatan Bangsa-Bangsa, Masyarakat Palang Merah Amerika Serikat dan Swedia, serta badan-badan bantuan lain dari negara-negara maju terkenal dalam upaya mereka yang bijaksana dalam mitigasi bencana di seluruh dunia. Upaya pemerintah, masyarakat, badan-badan perusahaan, organisasi filantropi, lembaga keuangan, pabrik dan industri, termasuk kontribusi individu sangat dibutuhkan dalam manajemen bencana.

Langkah-langkah di atas harus didukung melalui pelatihan yang bijaksana bagi para pengrajin dan

pembangun lokal mengenai prinsip-prinsip desain tahan bahaya yang akan memastikan konstruksi rumah dan jembatan yang aman di jalan primer dan sekunder. Bahkan, pengembangan kurikulum di sekolah-sekolah arsitektur untuk mengeksplorasi implikasi desain secara menyeluruh juga diperlukan dalam hal ini. Bangunan-bangunan baru harus didirikan di beberapa daerah yang telah ditentukan sementara rumah-rumah yang sudah ada harus diperbaiki sesuai dengan standar bangunan yang aman untuk tempat tinggal yang nyaman bagi manusia selama dan setelah masa bencana.

Selain itu, undang-undang fungsional harus diberlakukan sementara perencanaan penggunaan lahan harus ditegakkan untuk memastikan bahwa saran-saran yang diajukan dilakukan pada lingkungan tanpa ragu-ragu. Undang-undang yang diberlakukan harus menyatakan dengan jelas jenis bahan bangunan standar yang diperlukan di lokasi yang berbeda. Selain harus meminimalkan tingkat korupsi dalam pelaksanaan langkah-langkah perencanaan fisik, undang-undang ini juga harus relevan, realistis, dan berkaitan erat dengan kondisi lokal termasuk tingkat ekonomi keluarga miskin.

Prediksi yang dapat diandalkan tentang kondisi atmosfer yang dapat mengakibatkan terjadinya bahaya lingkungan harus dilakukan secara teratur, hati-hati dan terus menerus oleh ahli meteorologi atau ahli iklim. Prediksi ini harus memberikan cakupan yang efektif untuk negara tersebut. Jika bahaya telah terjadi, pemeriksaan terperinci melalui pendekatan pemetaan bahaya direkomendasikan. Data yang diperoleh akan memungkinkan penilaian besarnya bahaya dan, mungkin, frekuensinya dalam waktu dekat. Strategi yang relevan yang disarankan dalam penelitian ini akan diterapkan untuk memperbaiki situasi yang menantang.

Prediksi cuaca dan penerbitan peringatan bencana yang akan datang merupakan bagian yang paling penting dari penelitian saat ini. Studi prognostikasi atmosfer akan memungkinkan negara untuk mengetahui dan memahami berbagai kategori bahaya yang dapat diantisipasi pada periode tertentu di lokasi-lokasi tertentu dalam satu tahun. Bahaya seperti badai petir, badai pasir, banjir bandang, gelombang laut pesisir, dan tanah longsor dapat diprediksi secara akurat terkait dengan periode kejadian berdasarkan ketersediaan data curah hujan, suhu, kelembapan, angin, dan tekanan di daerah tersebut. Jika hal ini terwujud, maka peringatan dini bencana melalui berbagai media massa dapat dilakukan secara tepat waktu oleh badan meteorologi pusat di Indonesia.

Rekomendasi ini akan membantu masyarakat dan pemerintah daerah masing-masing untuk mempersiapkan diri secara memadai dalam mengantisipasi bahaya alam ini. Upaya pemerintah negara bagian dan federal dapat diupayakan dalam hal ini jika tingkat bencana yang dialami berada di atas kendali cepat dan manajemen langsung dari pemerintah daerah.

Daftar Pustaka

- Agrò, F. E. (2013). Body fluid management: From physiology to therapy. Postgraduate School of Anesthesia and Intensive Care, Anesthesia, Intensive Care and Pain Management Department, University School of Medicine Campus Bio-Medico of Rome, Rome, Italy, 1–274. <https://doi.org/10.1007/978-88-470-2661-2>
- BMKG Yogyakarta ingatkan Warga Waspadai Hidrometeorologi dalam <http://m.republika.co.id/> (diakses pada 12 Januari 2020, pukul 14.05 WIB)
- Departemen Sosial RI, Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana pasal 1 ayat 1 4
- Gamble, K. L., Berry, R., Frank, S. J., & Young, M. E. (2014). Circadian clock control of endocrine factors. Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2014.78>
- Gross, C. G. (2014). Claude Bernard and the Constancy of the Internal Environment. (July). The Neuroscientist. <https://doi.org/10.1177/107385849800400520>
- Hall, J. E. (2011). Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology (12th ed.). Elsevier.
- Ishikawa, J., Takeo, M., Iwadate, A., Koya, J., Kihira, M., Suzuki, Y., Oshima, M. (2021). Mechanical homeostasis of liver sinusoid is involved in the initiation and termination of liver regeneration. Communications Biology, 4(2021), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s42003-021-01936-2>
- Isnaini. (2006). Fisiologi Hewan (2nd ed.). UGM Press.
- Jakoi, Emma; Carbery, J. (2015). Introductory Human Physiology. Lulu Press, Inc. 1–7.
- Kotas, M. E., & Medzhitov, R. (2015). Homeostasis, Inflammation, and Disease Susceptibility. Cell, 160(5), 816–827. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.02.010>

- Nurjanah, dkk., Manajemen Bencana (Bandung: Alfa Beta, 2012), hal 11-12.
- Puelles, V. G., & Huber, T. B. (2022). Kidneys control inter-organ homeostasis. *Nature Reviews Nephrology*. 18(April), 207–208.
- Puthut EA & Nurhadi Sirimorok, Bencana Ketidakadilan: Refleksi Pengurangan Risiko Bencana di Indonesia, (Yogyakarta: INSIST Press, 2010), hal. 16
- Sherwood, L. 2009. *Human Physiology: from cells to sistem*. 7th edition. Cengage learning.
- Siagian, M. (2004). Homeostasis Keseimbangan yang Halus dan Dinamis. Departemen Ilmu Faal FKUI. 1–4.
- Sri Nurhayati Qodriatun, Bencana Hidrometeorologi Dan Upaya Adaptasi Perubahan Iklim, dalam Info Singkat Kesejahteraan Sosial Vol. V, No. 10/II/P3DI/Mei/2013. Hal. 9. PusatPengkajian, Pengolahan Data dan Informasi (P3DI).
- Tan, C. L., Knight, Z. A., Francisco, A., & Francisco, S. (2019). Regulation of body temperature by the nervous system. *Neuron*. 98(1), 31–48. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.02.022>.
- USAID, Hidrometeorological Hazard Sector Update, dalam Laporan Fiscal Year 2016. hal. 1 8Ibid... hal 2
- Wang, J., Cui, B., Chen, Z., & Ding, X. (2022). The regulation of skin homeostasis , repair and the pathogenesis of skin diseases by spatiotemporal activation of epidermal mTOR signaling. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 10(7), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fcell.2022.950973>

Profil Penulis



Aptu Andy Kurniawan, S.T., M.I.L

Penulis di lahirkan di Malangpada tanggal 28 April 1978. Pada tahun 1997 menjadi pelajar teladan SMA se Indonesia mewakili Jawa Timur dalam penerimaan beasiswa Supersemar kemudian melanjutkan kuliah di Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya tahun 1998–2003. Pada Tahun 2011 mengikuti S-2 di Program Teknik Sipil Jurusan Hidraulika di Universita Degli Studi Calabria Italia. Tahun 2013–2014 menyelesaikan program S-2 di Program Ilmu Lingkungan Universitas Padjadjaran Bandung melalui beasiswa Pusbindiklatren Saat ini penulis bekerja sebagai Fungsional Ahli Muda Sumber Daya Air di Dinas PU Sumber Daya Air Kabupaten Malang Saat ini sedang melanjutkan pendidikan S3 di Sekolah Pasca Sarjana Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Padjadjaran Bandung. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan *book chapter*.

Email Penulis: aptu22001@mail.unpad.ac.id

HIDROLOGI DAN ALIRAN SUNGAI

Firman, S.Pd., MT.
Universitas Khairun

Pengantar

Hidrologi berasal dari Bahasa Yunani, hydrologia atau ilmu air, yaitu ilmu yang mempelajari tentang pergerakan, distribusi, dan kualitas air di seluruh bumi, termasuk siklus hidrologi dan sumber daya air (Wikipedia, 2024). Kajian ilmu hidrologi meliputi hidrometeorologi (air yang berada di udara dan berwujud gas), potamologi (aliran permukaan), limnologi (air permukaan yang relatif tenang seperti danau; waduk) hidrogeologi (air tanah), dan kriologi (air yang berwujud padat seperti es dan salju) dan kualitas air. Penelitian hidrologi juga memiliki kegunaan lebih lanjut bagi teknik lingkungan, kebijakan lingkungan, serta perencanaan. Hidrologi juga mempelajari perilaku hujan terutama terkait periode ulang curah hujan karena berkaitan dengan perhitungan banjir serta rencana untuk setiap bangunan air di kegiatan pertambangan (pit sump, saluran air, sediment pond) serta pada pekerjaan teknik sipil seperti bendungan dan jembatan.

Air di Permukaan Bumi

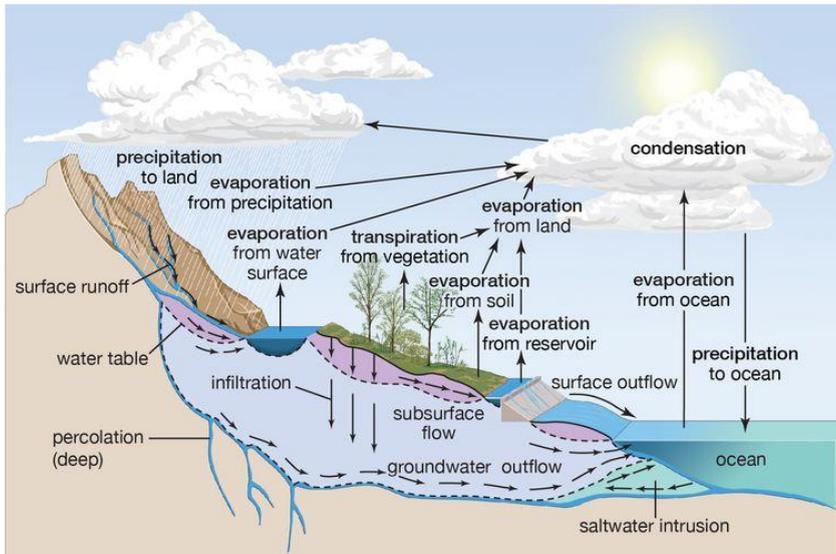
Air di bumi terdapat dalam bentuk air laut (97% atau setara volumenya $1,4 \times 10^9$ km³), air permukaan lainnya

(sungai, danau dan lain-lain), es dan salju (di kutub dan puncak-puncak gunung), uap air atau awan dan air yang ada di dalam bumi (air tanah). Air tawar jumlahnya hanya $\pm 3\%$, tetapi selalu mampu memenuhi kebutuhan makhluk hidup akibat adanya siklus hidrogeologi. Volume air tanah 40x lebih besar dari volume air sungai dan danau. Volume air tanah (groundwater) adalah $8,4 \times 10^6 \text{ km}^3$ sedangkan volume air sungai dan danau hanya $2 \times 10^5 \text{ km}^3$. Makhluk hidup yang ada di darat, baik secara langsung maupun tidak langsung sangat membutuhkan air tawar. Air tersebut dapat dikonsumsi atau dimanfaatkan oleh manusia dan makhluk hidup lainnya. Sedangkan untuk manusia diperlukan air tawar yang memenuhi syarat

kesehatan. Air tawar (fresh water) adalah air yang rasanya tawar (tidak asin), dengan kandungan zat terlarut di bawah 1000 mg/liter (Firman dan Alkatiri, 2021).

Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah sirkulasi menerus air di bumi yang tidak pernah berhenti dalam jumlah besar dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi melalui proses proses evaporasi dan transpirasi (evapotranspirasi), kondensasi, serta presipitasi. Dalam perjalanan pada tiap proses tersebut air dapat berubah fase dari cair (air) menjadi gas (uap air), menjadi cair lagi atau bahkan menjadi padat (es). Siklus hidrologi telah berlangsung sejak ratusan juta tahun yang lalu sejak terbentuknya bumi. Siklus ini ikut membentuk pola iklim dan cuaca seiring dengan pergerakan bumi dalam orbit matahari. Jumlah air di bumi secara keseluruhan relatif tetap, yang berubah adalah wujud dan tempatnya, tempat air terbesar adalah di laut (PUPR, 2017).



Gambar 4.1 Siklus Hidrologi

(Sumber: Encyclopaedia Britannica, 2003)

Siklus air di permukaan bumi menjadikan jumlahnya selalu tetap. Selain itu, air tawar dapat mencukupi kebutuhan manusia sekalipun jumlahnya sangat kecil dibandingkan air asin. Hal ini disebabkan adanya siklus hidrologi. Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dijelaskan tahapan siklus hidrologi adalah sebagai berikut:

Evapotranspirasi yaitu proses yang terdiri atas evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses penguapan air permukaan (fase cair), seperti air laut, sungai, danau, rawa menjadi uap air (fase gas). Proses evaporasi sangat dipengaruhi faktor iklim seperti radiasi matahari, temperatur udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin. Sedangkan transpirasi adalah penguapan atau hilangnya uap air dari permukaan tumbuhan. Pada proses ini, tumbuhan mengeluarkan uap H_2O dan CO_2 pada siang hari yang panas. Transpirasi berlangsung melalui pori-pori daun yang berhubungan dengan udara luar. Faktor yang mempengaruhi transpirasi antara lain

bentuk disik daun, sinar matahari, temperatur udara, kelembapan udara, angin, dan keadaan air tanah.

Kondensasi yaitu proses perubahan wujud zat dari gas (uap air) menjadi cair. Kondensasi juga berarti pengembunan. Dalam kondensasi, molekul-molekul air yang berbentuk uap membesar dan menyatu membentuk butir-butir air dan menjadi awan. Selain itu, ketika kondensasi dapat pula menjadi padat seperti es, salju, dan hujan batu (Syarifudin, 2017).

Presipitasi yaitu peristiwa dimana hujan yang turun dari atmosfer ke permukaan bumi dalam bentuk titik-titik air atau salju. Presipitasi terjadi ketika awan sudah tidak mampu menahan massa air yang dikandungnya. Awan kemudian turun sebagai air hujan atau terjadi perubahan fase air menjadi cair kembali. Air presipitasi saat turun di permukaan bumi ada yang mengenai permukaan tanah tanpa *cover crop* (penutup tanah seperti rumput), ada yang tertahan oleh vegetasi seperti tumbuhan atau rerumputan dan ada yang langsung masuk ke air permukaan (sungai, laut, danau, rawa). Air hujan akan terbagi menjadi 2, yaitu air larian atau air limpasan (*run off*) dan air yang terinfiltrasi. Daerah tanpa tutupan seperti lokasi di bukaan tambang atau area yang terbuka tanpa *cover crop*, mayoritas air hujan akan menjadi air limpasan. Daerah yang terbuka tersebut koefisien limpasannya 0,9 atau 90% air hujan akan menjadi air limpasan (Gautama, 2019). Sedangkan jika suatu daerah memiliki banyak vegetasi, maka energi air hujan akan tertahan oleh vegetasi saat jatuh, kemudian butiran air tersebut akan jatuh di tanah dan energinya semakin melemah sehingga mayoritas akan menjadi air infiltrasi. Air infiltrasi ini akan masuk ke dalam tanah melalui pori-pori tanah atau batuan dan pada akhirnya mencapai muka air tanah (MAT) atau *water table*.

Air yang terinfiltrasi akan tertahan di dalam tanah oleh gaya kapiler yang selanjutnya akan membentuk kelembaban tanah (*soil water*). Apabila tingkat kelembaban tanah telah cukup jenuh, maka air hujan yang baru masuk ke dalam tanah akan bergerak secara lateral, untuk selanjutnya pada tempat tertentu keluar lagi ke permukaan tanah (*sub surface runoff*) dan akhirnya mengalir ke sungai. Alternatif lainnya, air hujan yang masuk ke dalam tanah akan mengalir vertikal menuju lapisan tanah atau batuan yang lebih dalam dan menjadi bagian dari air tanah (*groundwater*). Air tanah tersebut, terutama pada musim kemarau akan mengalir pelan-pelan ke sungai, danau, atau tempat penampungan alamiah lainnya (Asdak, 1995).

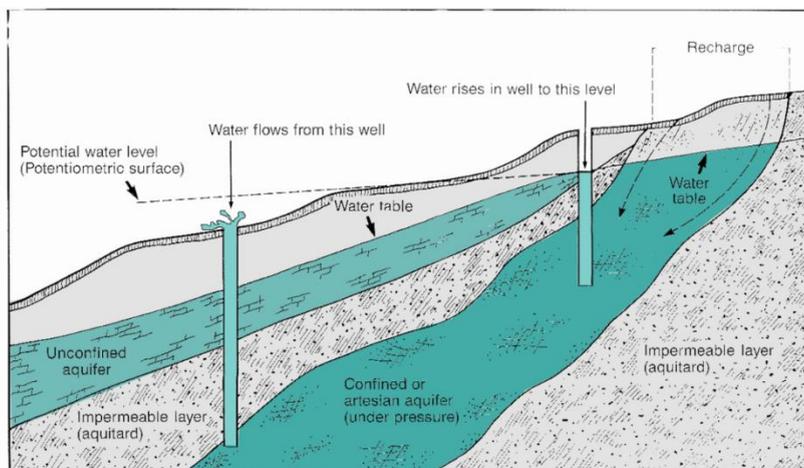
Air tanah dapat bergerak secara lateral maupun vertikal yang dipengaruhi oleh keadaan morfologi, hidrologi, dan keadaan geologi setempat. Pengaruh faktor geologi antara lain adalah bentuk dan penyebaran besar butir, perbedaan dan penyebaran lapisan batuan dan struktur geologi. Sedangkan pengaruh hidrologi terhadap air tanah adalah kuantitas presipitasi, daya infiltrasi serta banyaknya penguapan dan pengaruh iklim (Bisri, 2012).

Lapisan Pembawa Air Tanah

Lapisan pembawa air tanah atau akuifer (*aquifer*) berasal dari kata ***aqua*** yang berarti “air” dan ***free*** yang berarti “mengandung”. Jadi akuifer dapat diartikan sebagai lapisan pembawa air atau lapisan permeable (Suharyadi, 1984). Atau dapat diartikan sebagai lapisan tanah lulus air yang menyimpan dan mengalirkan air tanah dalam jumlah yang cukup. Pada keadaan geologi tertentu yang berupa cekungan (basin), dengan beberapa lapisan pembawa air, dapat membentuk sebuah cekungan air tanah (*groundwater basin*) (Bisri, 2012). Keterdapatannya air tanah di suatu kawasan dipengaruhi oleh kondisi geologis

tertentu, berupa litologi batuan, struktur dan porositas batuan sesuai kondisi geologis di Indonesia. Salah satu pengaruhnya adalah kelulusan air yakni kesarangan dan sifat cairan, sebagaimana tertuang dalam klasifikasi harga kelulusan air (K) dari berbagai macam batuan (Suharyadi, 1984).

Pasir tak termampatkan (*unconsolidated*), kerikil (*gravel*), batupasir, batugamping dan dolomit berongga-rongga (*porous*), aliran basalt, batuan malihan, dan plutomik dengan banyak retakan adalah contoh-contoh akuifer (Fetter, 1994). Sifat akuifer untuk dapat menyimpan air tanah disebut dengan porositas atau kesarangan, sedangkan sifat akuifer untuk meluluskan air tanah disebut dengan permeabilitas (*permeability*) (Todd, 1980). Kedua sifat akuifer inilah yang akan berpengaruh terhadap ketersediaan air tanah pada suatu kondisi geologi tertentu, karena air tanah berada di antara rongga-rongga dalam lapisan batuan tersebut. Apabila lapisan batuan hanya dapat menyimpan tetapi tidak dapat meluluskan air dalam jumlah yang berarti disebut lapisan kedap air (*aquiclude*). Lapisan ini mempunyai permeabilitas rendah, biasanya terletak di atas atau dibawah lapisan dari sistem aliran air tanah (Fetter, 1984).



Gambar 4.2. Akuifer Bebas dan Akuifer Tertekan (Todd, 1980)

Berdasarkan kedudukannya dalam formasi geologi, maka air tanah dikelompokkan ke dalam 3 jenis, air tanah bebas, air tanah semi tertekan, air tanah tertekan (Todd, 1980). Air tanah bebas adalah air tanah yang terdapat pada akuifer bebas (*unconfined aquifer*), yaitu di atas lapisan geologi yang kedap air (*confined aquifer* atau *aquiclude*) sampai batas permukaan air tanah (*water table*) di bawah permukaan tanah (Gambar 4.2). Air tanah tertekan adalah air tanah yang terdapat diantara dua lapisan batuan yang kedap air (*aquiclude-aquiclude*). Air tanah semi tertekan disebut pula akuifer bocor (*leacky aquifer*), yaitu air tanah yang dibatasi oleh lapisan kedap di bagian bawah (*aquiclude*) dengan lapisan agak kedap (*semi confined aquifer* atau *aquitard*) di bagian atasnya. Disamping ketiga tipe akuifer tersebut, terdapat jenis akuifer khusus yang letaknya tidak dalam zona jenuh, tetapi pada zona aerasi, yang disebut akuifer melayang (*perched aquifer*). Akuifer ini merupakan akuifer lokal yang berada di atas *water table*, karena tertampungnya air di atas lapisan kedap (*aquiclude*) berupa lensa-lensa lempung (Santosan dan Adji, 2018).

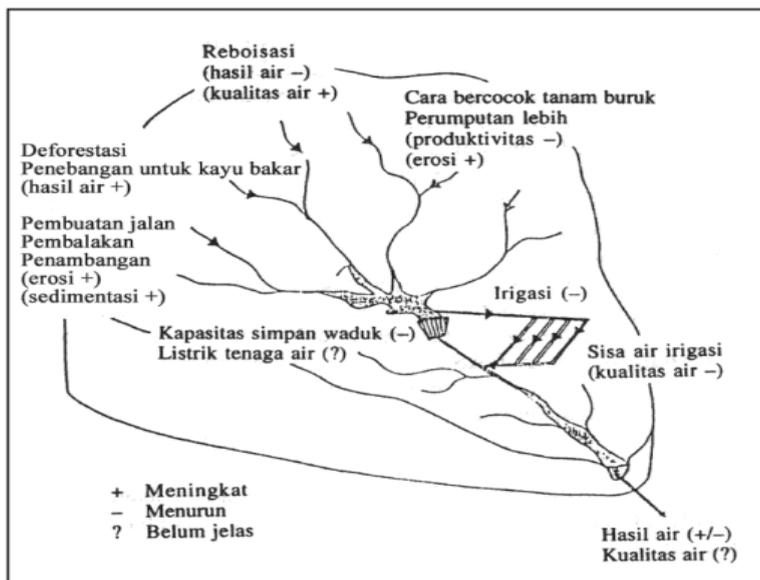
Aliran Sungai

Air permukaan, baik yang mengalir maupun yang tergenang (danau, waduk, rawa), dan sebagian air bawah permukaan yang mengalir mengisi sungai akhirnya membentuk sistem Daerah Aliran Sungai (DAS). DAS adalah suatu wilayah daratan yang secara topografi dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama. Wilayah daratan tersebut dinamakan daerah tangkapan air (DTA atau *catchment area*) yang merupakan suatu ekosistem dengan unsur utamanya terdiri atas sumber daya alam (tanah, air, dan vegetasi) dan sumber daya manusia sebagai pemanfaat sumber daya alam (Asdak, 1995).

Hidrologi DAS adalah cabang ilmu hidrologi yang mempelajari pengaruh pengelolaan vegetasi dan lahan di daerah tangkapan air bagian hulu (*upper catchment*) terhadap daur air, termasuk pengaruhnya terhadap erosi, kualitas air, banjir, dan iklim di daerah hulu dan hilir. Sedangkan pengelolaan DAS adalah suatu proses formulasi dan implementasi kegiatan atau program yang bersifat manipulasi sumber daya alam dan manusia yang terdapat di daerah aliran sungai untuk memperoleh manfaat produksi dan jasa tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan sumber daya air dan tanah. Pengelolaan dan alokasi sumber daya alam di daerah aliran Sungai termasuk pencegahan banjir dan erosi, serta perlindungan nilai keindahan yang berkaitan dengan sumber daya alam.

Dalam mempelajari ekosistem DAS, daerah aliran Sungai biasanya dibagi menjadi daerah **hulu**, **tengah**, dan **hilir**. Secara biogeofisik, **daerah hulu DAS** dicirikan oleh hal-hal, yaitu daerah konservasi, mempunyai kerapatan drainase lebih tinggi, merupakan daerah dengan

kemiringan lereng besar (>15%), bukan merupakan merupakan daerah banjir, pengaturan pemakaian air ditentukan oleh pola drainase, dan jenis vegetasi umumnya merupakan tegakan hutan. Sementara **daerah hilir DAS** dicirikan oleh hal-hal, seperti merupakan daerah pemanfaatan, kerapatan drainase lebih kecil, merupakan daerah dengan kemiringan lereng kecil sampai dengan sangat kecil (<8%), pada beberapa tempat merupakan daerah banjir (genangan), pengaturan pemakaian air ditentukan oleh bangunan irigasi, dan jenis vegetasi didominasi tanaman pertanian kecuali daerah estuaria yang didominasi bakau atau gambut. **Daerah aliran sungai bagian tengah** merupakan daerah transisi dari kedua karakteristik biogeofisik DAS yang berbeda tersebut (Asdak, 1995). Hubungan biofisik antara daerah hulu dan hilir suatu daerah aliran sungai ditampilkan dalam gambar 4.3.



Gambar 4.3

Hubungan Biofisik antara Daerah Hulu dan Hilir suatu DAS (diadaptasi dari Brooks *et al.*, 1989 dalam Asdak, 1995)

Sistem Hidrologi dalam Sistem Ekosistem DAS

Hubungannya dengan sistem hidrologi, DAS mempunyai karakteristik yang spesifik serta berkaitan erat dengan unsur utamanya seperti jenis tanah, tata guna lahan, topografi, kemiringan dan panjang lereng. Karakteristik biofisik DAS tersebut merespon curah hujan yang jatuh di dalam wilayah DAS tersebut dapat memberikan pengaruh terhadap besar kecilnya evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi, air limpasan, aliran permukaan, kandungan air tanah, dan aliran sungai. Diantara faktor-faktor yang berperan dalam menentukan sistem hidrologi tersebut, faktor tata guna lahan dan kemiringan serta panjang lereng dapat direkayasa oleh manusia. Faktor-faktor lain bersifat alamiah sehingga tidak dibawah kontrol manusia.

Studi perkiraan besarnya erosi pada suatu DAS dengan memanfaatkan rumus *Universal Soil Loss Equation* (USLE) yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1878). Berdasarkan persamaan matematik USLE tersebut untuk memperkirakan besarnya erosi di daerah tangkapan air dalam dua periode waktu yang berbeda pada tempat yang sama, ada dua variabel bebas yang dapat direkayasa, yaitu pengelolaan vegetasi (**faktor C**) dan teknik konservasi tanah yang diusulkan (**faktor P**).

Variabel dalam aplikasi USLE adalah sebagai berikut:

$$E_A = R_i \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (\text{Wischmeier, 1984})$$

Keterangan:

E_A = banyaknya tanah tererosi per satuan luas per satuan waktu (ton/Ha/tahun)

R_i = faktor erosivitas hujan dan aliran permukaan

K = faktor erodibilitas tanah

LS = faktor indeks panjang dan kemiringan lereng (*length of slope factor*)

C = faktor indeks pengelolaan vegetasi

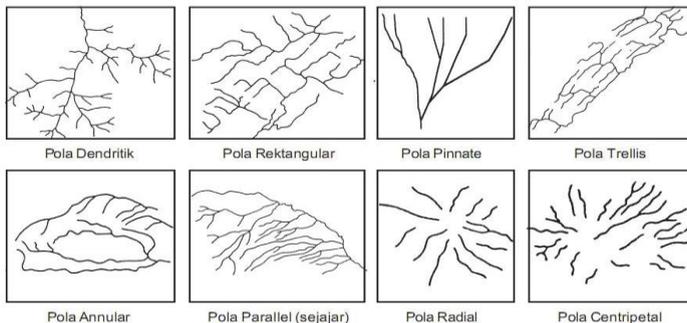
P = faktor teknik konservasi tanah

Jaringan Aliran Sungai dan Urutan Sub-DAS

Jaringan aliran sungai (sistem drainase) terlihat seperti percabangan pohon atau *denritic*. Jika dilihat lebih dekat, jaringan aliran sungai menyerupai percabangan pohon segi empat (*rectangular*), *trellis*, *pinnate*, *parallel* (sejajar), *centripetal*, *annular*, dan jari-jari lingkaran (*radial*). Jaringan aliran Sungai diperlihatkan pada Gambar 4.4.

Pola aliran sungai denritic yaitu pola aliran dengan cabang-cabang sungai menyerupai garis penampang atau pertulangan daun. Jenis pola aliran ini dikontrol oleh litologi yang homogen. Aliran sungainya memiliki tekstur dengan kerapatan tinggi yang diatur oleh jenis batuan. Tekstur sungai adalah panjang sungai per satuan luas.

Pola sungai rektangular adalah pola aliran yang umumnya terdapat di wilayah batuan beku. Bentuk alur sungai ini lurus mengikuti struktur patahan dengan ditandai bentuk sungai yang tegak lurus. Pola sungai rektengular biasanya berkembang pada batuan yang resisten terhadap erosi, tipe erosi cenderung seragam, namun dikontrol oleh kekar dua arah dengan sudut yang saling tegak lurus.



Gambar 4.4 Pola Jaringan Sungai (rimbakita.com)

Aliran sungai berpola trellis adalah pola aliran yang bentuknya mirip seperti pagar yang dikontrol oleh struktur geologi berupa lipatan sinklin dan antiklin. Sungai dengan pola ini memiliki ciri berupa kumpulan saluran air yang bentuknya sejajar, mengalir mengikuti kemiringan lereng dan tegak lurus terhadap aliran utamanya. Umumnya arah saluran utama searah dengan sumbu lipatan.

Pola aliran radial adalah pola sungai dengan aliran yang arahnya terdistribusi atau menyebar secara radial dari ketinggian tertentu menuju daerah bawah. Bentuknya menyerupai gunung berapi atau puncak intrusi magma.

Pola sungai radial sentripetal adalah pola yang bentuknya berlawanan dengan pola radial. Pola ini membentuk alur sungai yang mengarah ke tempat yang cekung. Pola sungai ini dapat berkembang menjadi pola annular dan memunculkan sungai obsekuen, sungai subsekuen sejajar dan sungai resekuen.

Pola aliran sungai paralel adalah pola aliran yang terdapat di daerah yang sangat luas dengan kemiringan yang curam. Kemiringan ini menyebabkan gradien sungai menjadi besar sehingga mengalirkan air ke tempat terendah dengan bentuk jalur yang hampir lurus. Pola ini dapat ditemukan di kawasan daratan pantai yang masih muda dengan lereng asli yang kemiringannya mengarah ke laut.

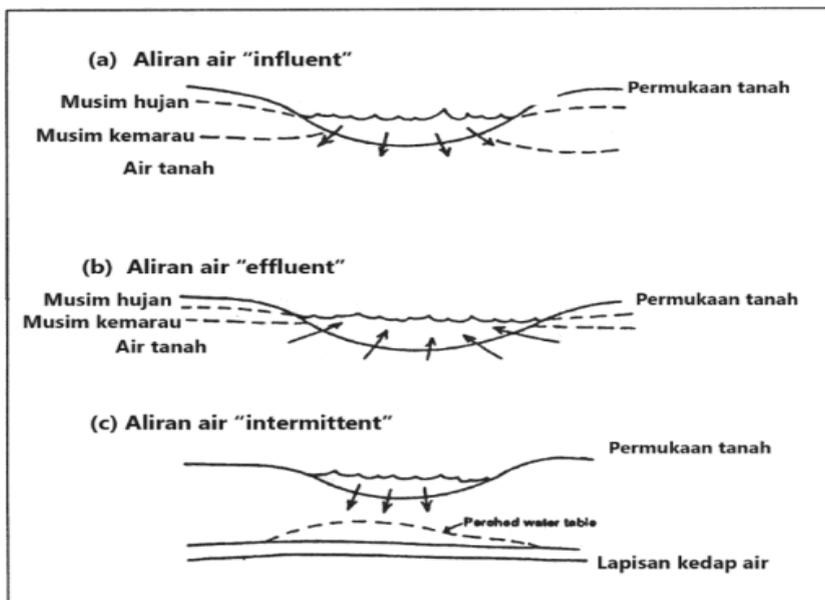
Pola aliran sungai annular adalah bentuk variasi dari pola sungai beraliran radial. Pola annular dapat ditemukan pada daerah *dome* atau kaldera stadium dewasa yang juga terdapat sungai konsekuen, subsekuen, resekuen, dan obsekuen.

Pola aliran angular adalah pola aliran yang bentuknya lebih besar atau lebih kecil dari sudut 90 derajat. Sungai dengan pola seperti ini akan terlihat mengikuti garis-garis patahan.

Aliran sungai dengan pola radial sentrifugal adalah pola aliran yang bentuknya menyebar secara radial dari titik ketinggian tertentu. Umumnya sungai dengan jenis aliran ini terdapat di daerah pegunungan yang aliran airnya menyebar ke arah lereng.

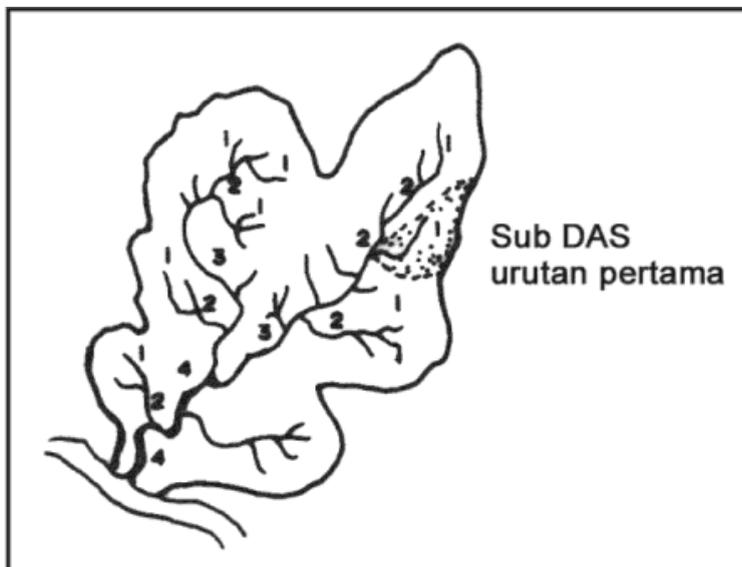
Pola aliran pinnate adalah pola aliran air sungai yang pada bagian mura anak sungai membentuk sudut lancip dengan induk sungai. Sungai jenis ini dapat ditemukan di bukit-bukit yang memiliki lereng terjal.

Sistem aliran sungai diklasifikasikan sebagai sistem aliran *influent*, *effluent*, dan *intermittent* (Gambar 4.5). Sistem aliran sungai *influent* adalah aliran sungai yang memasok atau memberi masukan air tanah. Sebaliknya pada aliran sungai sistem *effluent* sumber aliran sungai berasal dari air tanah. Sistem aliran terputus (*intermittent*) umumnya berlangsung segera setelah terjadi hujan besar. Aliran jenis inilah yang umumnya menjadi sumber air dari apa yang dikenal sebagai air tanah musiman (*perched water table*).



Gambar 4.5 Klasifikasi Geologi terhadap Sistem Aliran Sungai (Asdak, 1995)

Kedudukan aliran sungai dapat diklasifikasikan secara sistematis berdasarkan urutan daerah aliran sungai seperti Gambar 4.6. Pada gambar tersebut, setiap aliran sungai yang tidak bercabang disebut Sub-DAS urutan/orde pertama. Sungai dibawahnya yang hanya menerima aliran air dari Sub-DAS urutan pertama disebut Sub-DAS urutan kedua, dan seterusnya. Oleh karena itu, suatu DAS dapat terdiri atas Sub-DAS urutan pertama, Sub-DAS urutan kedua, dan seterusnya (Asdak, 1995).



Gambar 4.6 Urutan Sub-DAS menurut Sistem Klasifikasi Horton. Nomor 1,2,3, dan 4 menunjukkan Urutan/Orde Sub-DAS pertama, kedua, ketiga, dan keempat

Sistem klasifikasi Horton berawal dari urutan pertama dan selanjutnya meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah percabangan aliran air atau anak-anak sungai. Dengan demikian, semakin besar angka urutan, semakin luas wilayah Sub-DAS dan semakin banyak percabangan sungai yang terdapat di dalam DAS yang bersangkutan.

Daftar Pustaka

- Asdak, C. (1995). *Hidrologi dan Pengelolaan DAS*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Bisri, M. (2012). *Air Tanah-Studi Tentang Pendugaan Air Tanah, Sumur Air Tanah dan Upaya dalam Konservasi Air Tanah*. Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Edition, E. (2003). *Encyclopaedia Britannica*. Inc., Chicago, IL.
- Fetter, C.W. (1994). *Applied Hydrogeology*. MacMillan College Publishing Co. New York, NY, 691p.
- Firman & Alkatiri, H. (2021). Buku Ajar Pengantar Lingkungan. Deepublish, Yogyakarta.
https://www.researchgate.net/publication/362645141_Buku_Ajar_Pengantar_Lingkungan.
- Gautama, R.S. (2019). *Sistem Penyaliran Tambang*. ITB Press. Bandung.
- PUPR. (2017). Modul Hirologi Sungai-Pelatihan Perencanaan Teknik Sungai. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. Bandung.
https://simantu.pu.go.id/epel/edok/869be_04._Modul_4_Hidrologi_Sungai.pdf.
- Rimbakita.com. (2024). *Pola Aliran Sungai*.
<https://rimbakita.com/pola-aliran-sungai/> . Diakses Tanggal 7 Februari 2024.
- Santosan, L.W., & Adji, T.N. (2018). *Karakteristik Akuifer dan Potensi Airtanah Graben Bantul*. UGM Press. Yogyakarta.
- Suharyadi. (1984). *Geohidrologi*. Teknik Geologi UGM. Yogyakarta.
- Syarifudin, A. (2017). *Hidrologi Terapan*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Todd, D.K. (1980). *Groundwater Hydrology*. Wiley. New York.

- Wischmeier, W.H. (1984). The USLE: some reflections. *Journal of Soil and Water Conservation*, 39(2):105-107.
- Wischmeier, W.H., dan Smith DD. (1978). *Predicting Rainfall Erosion from Cropland East of the Rocky Mountines-guide for Selection of Practices for Soil and Water Conservation*. United states Department of Agriculture (USDA). Agricultur Handbook. No 537,1965.
- Wikipedia.org. (2024). *Hidrologi*. <https://id.wikipedia.org/wiki/Hidrologi>. Diakses 7 Februari 2024.

Profil Penulis



Firman, S.Pd., MT.

Penulis dilahirkan di Warondo Kabupaten Muna Barat Provinsi Sulawesi Tenggara pada tanggal 17 September 1987. Penulis menempuh pendidikan S1 pada Prodi Pend. Kimia Universitas Halu Oleo (UHO) Kendari tahun 2010. Tahun 2014 menyelesaikan program Pra-S2 di Prodi Rekayasa Pertambangan Institut Teknologi Bandung (ITB) serta melanjutkan S2 di prodi tersebut dan lulus tahun 2017. Saat menempuh pendidikan Pra-S2 dan S2 Rekayasa Pertambangan inilah ketertarikan penulis dalam kajian hidrologi mulai tumbuh karena mengeluti konsentrasi Pengelolaan Lingkungan Tambang dan *Mine Closure*. Tahun 2019 diterima sebagai dosen ASN di Universitas Khairun (Unkhair), Ternate. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen di Program Studi S1 Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Unkhair. Penulis mendapat tugas tambahan sebagai Kepala Laboratorium Geologi dan Ketua Senat Fakultas Teknik Unkhair. Penulis juga aktif dalam membimbing kegiatan mahasiswa khususnya Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) dan PPK Ormawa. Penulis juga menjadi reviewer PKM Belmawa serta reviewer beberapa jurnal ilmiah. Sehari-harinya bekerja sebagai dosen pengampu mata kuliah kimia mineral, kimia fisika, pengolahan bahan galian, metalurgi ekstraksi, matematika dasar, matriks dan ruang vektor, kimia dasar, dan pengantar lingkungan. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan *book chapter*.

Email Penulis : firman@unkhair.ac.id atau

firmantambang13@gmail.com

PRINSIP-PRINSIP MITIGASI BENCANA HIDROMETEREOLOGI

Dr. Susilowati, S.T., M.T.
Universitas Bandar Lampung

Bencana Hidrometeorologi

Bencana hidrometeorologi memiliki dua kata, bencana dan hidrometeorologi. Menurut Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, sesuatu fenomena yang disebut bencana adalah jika peristiwa tersebut mengancam dan mengganggu kehidupan, penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Fenomena hidrometeorologi merupakan segala fenomena yang melibatkan parameter cuaca dan iklim: hujan, suhu udara, angin, dan parameter lainnya. Sebenarnya fenomena hidrometeorologi merupakan peristiwa yang terjadi secara alamiah sehari-hari. Meskipun demikian, peristiwa hidrometeorologi yang ekstrim memiliki daya rusak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa bencana hidrometeorologi merupakan bencana yang memiliki keterkaitan dengan fenomena hidrometeorologi dan berpotensi mengakibatkan gangguan pada kehidupan dan penghidupan manusia.

Berdasarkan World Health Organization (WHO), bencana alam dapat dikategorikan menjadi 4 tipe utama (family) yaitu bencana geofisik (geophysical), bencana meteorologis (meteorological), bencana hidrologis (hydrological), dan bencana klimatologis (climatological). Bencana hidrometeorologi merupakan gabungan dari 3 tipe utama bencana yaitu bencana meteorologi, bencana hidrologi, dan bencana klimatologi. Berbagai macam bencana meteorologi, hidrologi, dan klimatologi secara rinci disajikan pada Gambar 5.1

■ Apa itu Bencana Hidrometeorologi
Hidrometeorologi adalah suatu fenomena bencana alam atau proses merusak yang terjadi di atmosfer (meteorologi), air (hidrologi), atau lautan (oseanografi) yang dapat menyebabkan hilangnya nyawa, cedera atau dampak kesehatan lainnya, kerusakan harta benda, hilangnya mata pencaharian dan layanan, gangguan sosial dan ekonomi, atau kerusakan lingkungan. Contoh bencana hidrometeorologi yaitu badai siklon tropis, badai petir, badai es, tornado, curah hujan ekstrem, banjir, ombin dan tsunami.

■ Contoh Bencana Hidrometeorologi

- Curah Hujan Ekstrem**
Curah hujan adalah curah hujan yang jatuh di suatu lokasi tertentu dengan intensitas tinggi melebihi batas atas curah hujan biasanya dalam waktu tertentu (menit, jam, hari, bulan). Curah hujan ekstrem dipicu oleh pertumbuhan awan konverif (cumulonimbus) yang masif dan mencapai atmosfer yang tinggi. Selain curah hujan intensitas tinggi, awan cumulonimbus juga umumnya dapat disertai petakan angin kencang, hujan es dan potensi puting beliung.
- Angin Kencang**
Angin kencang adalah namanya kecopatan angin lebih dari 27,8 km/jam dari wilayah dengan tekanan udara yang lebih tinggi ke wilayah dengan tekanan udara yang lebih rendah. Apabila terjadi secara tiba-tiba atau mendadak yang berakibatkan hujan beberapa detik atau menit maka disebut sebagai gusty yang berkaitan dengan pertumbuhan awan cumulonimbus.
- Puting Beliung**
Puting beliung adalah angin yang berputar dengan kecepatan lebih dari 63 km/jam yang bergerak secara garis lurus dengan lama kejadian maksimum 5 menit hingga beberapa menit. Angin belitang umumnya terjadi pada siang hingga sore hari pada pergantian musim hujan ke musim kemarau (pancaroba).
- Banjir**
Banjir adalah luapan air yang merendam tanah yang biasanya kering. Banjir dapat terjadi sebagai limpahan air dari badan air, seperti sungai, danau, atau laut, di mana air melewati atau memecah tanggul, yang mengakibatkan sebagian air keluar dari bates atau mungkin terjadi karena akumulasi air hujan di tanah yang sudah jenuh.
- Longsor**
Tanah longsor terjadi di lingkungan, yang ditandai oleh kemiringan lereng yang curam atau landai dengan sudut tertentu, pegunungan hingga lereng perlati atau di dasar laut. Dalam banyak kasus, tanah longsor dipicu oleh peristiwa tertentu (seperti hujan lebat, gempa bumi, lereng miring untuk membangun jalan, dan banyak lainnya).
- Kekeringan**
Kekeringan adalah defisit curah hujan pada suatu wilayah dalam periode tertentu. Hal ini juga dapat menyebabkan penurunan kelembaban tanah yang menyebabkan kerusakan tanaman. Dampaknya dapat dirasakan diberbagai sektor seperti sektor pertanian, sosial dan ekonomi.
- Mebakaran Hutan dan Lahan**
Kebakaran hutan dan lahan (Karhutla) adalah penurunan terbakaranya banyak pohon, semak, paku-pakuan dan rumput di suatu wilayah. Penyebab dari Karhutla bisa karena faktor alam (kekeringan, musim kemarau yang berkepanjangan dan sambaran petir) serta bisa karena faktor ulah manusia (pembakaran hutan secara sengaja untuk membuka lahan baru, membuang puntung rokok dan membuang sampah di dekat area hutan). Di Indonesia, 95% karhutla disebabkan oleh ulah manusia.
- KUALITAS UDARA BURUK**
Kualitas udara mengacu pada kondisi udara di sekitar kita. Kualitas udara yang buruk berkaitan dengan tingkat polusi udara yang tinggi disebabkan oleh asap, debu dan kabut asap serta pengotor udara lainnya. Kualitas udara ditentukan oleh nilai konsentrasi polutan di udara atau berdasarkan indeks-indeks kualitas udara lainnya.

Berdasarkan data yang dilansir oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) tercatat sepanjang Januari hingga September 2019, terdapat 98 persen bencana hidrometeorologi. Wilayah yang paling banyak terjadi bencana di tahun 2019 adalah Jawa Tengah, dengan jumlah 692 kejadian.

Gambar 5.1 Contoh Bencana Hidrometeorologi di Indonesia
(Sumber: Leaflet Hidrometeorologi, BMKG)

Mitigasi Bencana

Mitigasi bencana adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (Pasal 1 ayat 6 PP No 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan

Bencana). Mitigasi didefinisikan sebagai upaya yang ditujukan untuk mengurangi dampak dari bencana, Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. (UU No 24 Tahun 2007, Bab I Ketentuan Umum, Pasal 1 angka 9) (PP No 21 Tahun 2008, Bab I Ketentuan Umum, Pasal 1 angka 6). Mitigasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 44 huruf c dilakukan untuk mengurangi risiko bencana bagi masyarakat yang berada pada kawasan rawan bencana. (UU No 24 Tahun 2007 Pasal 47 ayat (1) sedangkan mitigasi bencana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 15 huruf c dilakukan untuk mengurangi risiko dan dampak yang diakibatkan oleh bencana terhadap masyarakat yang berada pada kawasan rawan bencana. (PP No 21 Tahun 2008 Pasal 20 ayat (1) baik bencana alam, bencana ulah manusia maupun gabungan dari keduanya dalam suatu negara atau masyarakat. Dalam konteks bencana, dikenal dua macam yaitu (1) bencana alam yang merupakan suatu serangkaian peristiwa bencana yang disebabkan oleh fakto alam, yaitu berupa gempa, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan tanah longsor, dll. (2) bencana sosial merupakan suatu bencana yang diakibatkan oleh manusia, seperti konflik sosial, penyakit masyarakat dan teror. Mitigasi bencana merupakan langkah yang sangat perlu dilakukan sebagai suatu titik tolak utama dari manajemen bencana.

Ada empat hal penting dalam mitigasi bencana, yaitu:

1. Tersedia informasi dan peta kawasan rawan bencana untuk tiap jenis bencana.
2. Sosialisasi untuk meningkatkan pemahaman dan kesadaran masyarakat dalam menghadapi bencana, karena bermukim di daerah rawan bencana.

3. Mengetahui apa yang perlu dilakukan dan dihindari, serta mengetahui cara penyelamatan diri jika bencana timbul, dan
4. Pengaturan dan penataan kawasan rawan bencana untuk mengurangi ancaman bencana.

Oleh sebab itu mitigasi mencakup semua langkah yang diambil untuk mengurangi skala bencana di masa mendatang, baik efek maupun kondisi rentan terhadap bahaya itu sendiri dan kegiatan mitigasi lebih difokuskan pada bahaya itu sendiri atau unsur-unsur terkena ancaman tersebut. Contoh: pembangunan rumah tahan gempa, pembuatan irigasi air pada daerah yang kekeringan.

Mitigasi bencana yang efektif harus memiliki tiga unsur utama, yaitu penilaian bahaya, peringatan dan persiapan.

1. Penilaian bahaya (*hazard assessment*); diperlukan untuk mengidentifikasi populasi dan aset yang terancam, serta tingkat ancaman. Penilaian ini memerlukan pengetahuan tentang karakteristik sumber bencana, probabilitas kejadian bencana, serta data kejadian bencana di masa lalu. Tahapan ini menghasilkan Peta Potensi Bencana yang sangat penting untuk merancang kedua unsur mitigasi lainnya;
2. Peringatan (*warning*); diperlukan untuk memberi peringatan kepada masyarakat tentang bencana yang akan mengancam (seperti bahaya tsunami yang diakibatkan oleh gempa bumi, aliran lahar akibat letusan gunung berapi, dsb). Sistem peringatan didasarkan pada data bencana yang terjadi sebagai peringatan dini serta menggunakan berbagai saluran komunikasi untuk memberikan pesan kepada pihak yang berwenang maupun masyarakat. Peringatan

terhadap bencana yang akan mengancam harus dapat dilakukan secara cepat, tepat dan dipercaya.

3. Persiapan (*preparedness*). Kegiatan kategori ini tergantung kepada unsur mitigasi sebelumnya (penilaian bahaya dan peringatan), yang membutuhkan pengetahuan tentang daerah yang kemungkinan terkena bencana dan pengetahuan tentang sistem peringatan untuk mengetahui kapan harus melakukan evakuasi dan kapan saatnya kembali ketika situasi telah aman.

Prinsip-prinsip mitigasi merupakan serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (UU no. 24/2007):

1. Bencana adalah titik awal upaya mitigasi bagi bencana serupa berikutnya
2. Upaya mitigasi itu kompleks, saling tergantung dan melibatkan banyak pihak
3. Upaya mitigasi aktif lebih efektif dibanding upaya mitigasi pasif
4. Jika sumberdaya terbatas, prioritas harus diberikan kepada kelompok rentan
5. Upaya mitigasi memerlukan pemantauan dan evaluasi terus menerus untuk mengetahui perubahan situasi.

Sedangkan strategi mitigasi bencana dapat dilakukan antara lain dengan:

1. Mengintegrasikan mitigasi bencana dalam program pembangunan yang lebih besar.
2. Pemilihan upaya mitigasi harus didasarkan atas biaya dan manfaat.

3. Agar dapat diterima masyarakat, mitigasi harus menunjukkan hasil yang segera tampak.
4. Upaya mitigasi harus dimulai dari yang mudah dilaksanakan segera setelah bencana.
5. Mitigasi dilakukan dengan cara meningkatkan kemampuan lokal dalam manajemen dan perencanaan.

Mitigasi dapat juga diartikan sebagai penjinak bencana alam, dan pada prinsipnya mitigasi adalah usaha-usaha baik bersifat persiapan fisik, maupun non-fisik dalam menghadapi bencana alam.

1. Persiapan fisik dapat berupa penataan ruang kawasan bencana dan kode bangunan.
2. Persiapan Non-fisik dapat berupa:
 - a. Pendidikan tentang bencana alam
 - b. Menempatkan Korban di suatu tempat yang aman
menempatkan korban di suatu tempat yang aman adalah hal yang mutlak diperlukan. Sesuai dengan deklarasi Hyogo yang ditetapkan pada Konferensi Dunia tentang Pengurangan Bencana, di Kobe, Jepang, pertengahan Januari 2005 yang lalu. Berbunyi: “Negara-negara mempunyai tanggung jawab utama untuk melindungi orang-orang dan harta benda yang berada dalam wilayah kewenangan dan dari ancaman dengan memberikan prioritas yang tinggi kepada pengurangan resiko bencana dalam kebijakan nasional, sesuai dengan kemampuan mereka dan sumber daya yang tersedia kepada mereka”.
 - c. Membentuk tim penanggulangan bencana
 - d. Memberikan penyuluhan-penyuluhan
 - e. Merelokasi korban secara bertahap.

Langkah-Langkah Mitigasi Struktural dan Non Struktural

Tingkat kepedulian masyarakat dan pemerintah daerah dan pemahamannya sangat penting pada tahapan ini untuk dapat menentukan langkah-langkah yang diperlukan untuk mengurangi dampak akibat bencana. Selain itu jenis persiapan lainnya adalah perencanaan tata ruang yang menempatkan lokasi fasilitas umum dan fasilitas sosial di luar zona bahaya bencana (mitigasi non struktural), serta usaha-usaha keteknikan untuk membangun struktur yang aman terhadap bencana dan melindungi struktur akan bencana (mitigasi struktural).

1. Mitigasi struktural.

Mitigasi bencana mencakup baik perencanaan dan pelaksanaan tindakan-tindakan untuk mengurangi resiko-resiko dampak dari suatu bencana yang dilakukan sebelum bencana itu terjadi, termasuk kesiapan dan tindakan-tindakan pengurangan resiko jangka panjang. Upaya mitigasi dapat dilakukan dalam bentuk mitigasi struktural dengan memperkuat bangunan dan infrastruktur yang berpotensi terkena bencana, seperti membuat kode bangunan, desain rekayasa, dan konstruksi untuk menahan serta memperkuat struktur ataupun membangun struktur bangunan penahan longsor, penahan dinding pantai, dan lain-lain.

2. Mitigasi Non Struktural

Selain itu upaya mitigasi juga dapat dilakukan dalam bentuk non struktural, diantaranya seperti menghindari wilayah bencana dengan cara membangun menjauhi lokasi bencana yang dapat diketahui melalui perencanaan tata ruang dan wilayah serta dengan memberdayakan masyarakat dan pemerintah daerah.

Hal yang perlu dipersiapkan, diperhatikan dan dilakukan bersama-sama oleh pemerintahan, swasta maupun masyarakat dalam mitigasi bencana, antara lain:

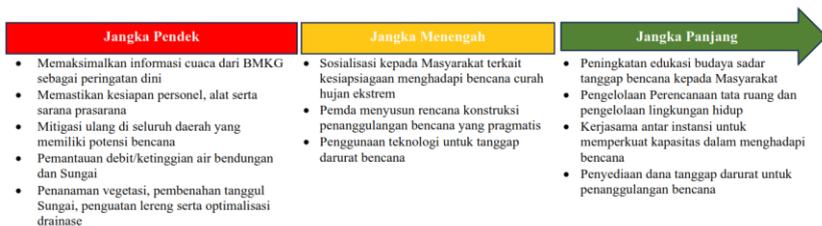
1. Kebijakan yang mengatur tentang pengelolaan kebencanaan atau mendukung usaha preventif kebencanaan seperti kebijakan tataguna tanah agar tidak membangun di lokasi yang rawan bencana;
2. Kelembagaan pemerintah yang menangani kebencanaan, yang kegiatannya mulai dari identifikasi daerah rawan bencana, penghitungan perkiraan dampak yang ditimbulkan oleh bencana, perencanaan penanggulangan bencana, hingga penyelenggaraan kegiatan-kegiatan yang sifatnya preventif kebencanaan;
3. Identifikasi lembaga-lembaga yang muncul dari inisiatif masyarakat yang sifatnya menangani kebencanaan, agar dapat terwujud koordinasi kerja yang baik;
4. Pelaksanaan program atau tindakan riil dari pemerintah yang merupakan pelaksanaan dari kebijakan yang ada, yang bersifat preventif kebencanaan;
5. Meningkatkan pengetahuan pada masyarakat tentang ciri-ciri alam setempat yang memberikan indikasi akan adanya ancaman bencana

Mitigasi Curah Hujan Ekstrem

Bencana curah hujan ekstrem diakibatkan adanya curah hujan yang jatuh disuatu lokasi tertentu dengan intensitas tinggi melebihi batas atas curah hujan biasanya dalam waktu tertentu (menit, jam, hari, bulan). Curah hujan ekstrem dipicu oleh pertumbuhan awan konventif (cumulonimbus) yang masif dan mencapai atmosfer yang

tinggi. Selain curah hujan intensitas tinggi, awan cumulonimbus umumnya disertai angin kencang, hujan es dan potensi angin puting beliung.

Mitigasi curah hujan ekstrem secara umum dibagi menjadi 3 sesuai tahapannya, jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang seperti yang disajikan pada Gambar 5.2

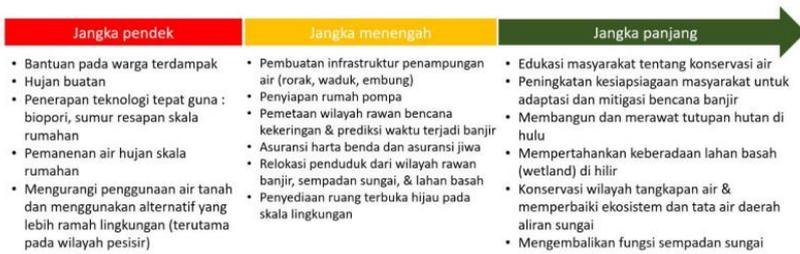


Gambar 5.2 Mitigasi Curah Hujan Ekstrem

Mitigasi Bencana Banjir

Banjir didefinisikan sebagai sejumlah air yang lebih besar dari biasanya sehingga meluap dari tampungan yang tersedia (badan sungai, danau, atau badan perairan lainnya) dan menggenangi lahan yang normalnya kering/tidak tergenang air (BNPb, 2007). Banjir merupakan fenomena yang terjadi secara alamiah, meskipun demikian jika banjir memberikan dampak negatif bagi manusia dan lingkungan maka dapat disebut sebagai bencana.

Banjir tidak dapat dihindari kejadiannya karena merupakan fenomena alami. Hal yang dapat dilakukan yaitu mengurangi risiko bencana dengan mitigasi bencana. Mitigasi bencana banjir dapat dibagi menjadi 3 sesuai tahapannya, jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang seperti yang disajikan pada Gambar 5.3



Gambar 5.3 Mitigasi Banjir Jangka Pendek, Jangka Menengah, dan Jangka Panjang

Upaya mitigasi bencana banjir secara umum dapat dibagi menjadi tiga kegiatan yaitu upaya mitigasi struktural, non struktural, serta peningkatan peran serta masyarakat.

1. Upaya Mitigasi Struktural

- a. Pembangunan tembok penahan dan tanggul disepanjang sungai, tembok laut sepanjang pantai yang rawan badai atau tsunami akan sangat membantu untuk mengurangi bencana banjir pada tingkat debit banjir yang direncanakan.
- b. Pengaturan kecepatan aliran dan debit air permukaan dari daerah hulu sangat membantu mengurangi terjadinya bencana banjir. Beberapa upaya yang perlu dilakukan untuk mengatur kecepatan air dan debit aliran air masuk kedalam sistem pengaliran diantaranya adalah dengan reboisasi dan pembangunan sistem peresapan serta pembangunan bendungan/waduk.
- c. Pengerukan sungai, pembuatan sudetan sungai baik secara saluran terbuka maupun tertutup atau terowongan dapat membantu mengurangi terjadinya banjir.

2. Upaya Mitigasi Non Struktural

- a. Pembentukan “Kelompok Kerja” (POKJA) yang beranggotakan dinas-instansi terkait (diketuai Dinas Pengairan/Sumber Daya Air) di tingkat kabupaten/kota sebagai bagian dari Satuan Pelaksana (SATLAK) untuk melaksanakan dan menetapkan pembagian peran dan kerja atas upaya-upaya nonfisik penanggulangan mitigasi bencana banjir diantara anggota POKJA dan SATLAK, diantaranya inspeksi, pengamatan dan penelusuran atas prasarana & sarana pengendalian banjir yang ada dan langkah yang akan diuraikan pada uraian selanjutnya.
- b. Merekomendasikan upaya perbaikan atas prasarana dan sarana pengendalian banjir sehingga dapat berfungsi sebagaimana direncanakan.
- c. Memonitor dan mengevaluasi data curah hujan, banjir, daerah genangan dan informasi lain yang diperlukan untuk meramalkan kejadian banjir, daerah yang diidentifikasi terkena banjir serta daerah yang rawan banjir.
- d. Menyiapkan peta daerah rawan banjir dilengkapi dengan “plotting” rute pengungsian, lokasi pengungsian sementara, lokasi POSKO, dan lokasi pos pengamat debit banjir/ketinggian muka air banjir di sungai penyebab banjir.
- e. Mengecek dan menguji sarana sistim peringatan dini yang ada dan mengambil langkah-langkah untuk memeliharanya dan membentuknya jika belum tersedia dengan sarana yang paling sederhana sekalipun.

- f. Melaksanakan perencanaan logistik dan penyediaan dana, peralatan dan material yang diperlukan untuk kegiatan/upaya tanggap darurat, diantaranya dana persediaan tanggap darurat; persediaan bahan pangan dan air minum; peralatan penanggulangan (misalnya: movable pump, dump truck, dan lain- lain); material penanggulangan (misalnya kantong pasir, terucuk kayu/bambu, dan lain-lain); dan peralatan penyelamatan (seperti perahu karet, pelampung, dan lain-lain).
- g. Perencanaan dan penyiapan SOP (*Standard Operation Procedure*)/Prosedur Operasi Standar untuk kegiatan/tahap tanggap darurat yang melibatkan semua anggota SATKORLAK, SATLAK dan POSKO diantaranya identifikasi daerah rawan banjir, identifikasi rute evakuasi, penyediaan peralatan evakuasi (alat transportasi, perahu, dan lain-lain), identifikasi dan penyiapan tempat pengungsian sementara seperti peralatan sanitasi mobile, penyediaan air minum, bahan pangan, peralatan dapur umum, obat-obatan dan tenda darurat.
- h. Pelaksanaan Sistem Informasi Banjir, dengan diseminasi langsung kepada masyarakat dan penerbitan press release/penjelasan kepada press dan penyebar luasan informasi tentang banjir melalui media masa cetak maupun elektronik yaitu station TV dan station radio.
- i. Melaksanakan pelatihan evakuasi untuk mengecek kesiapan masyarakat, SATLAK dan peralatan evakuasi, dan kesiapan tempat pengungsian sementara beserta perlengkapannya.

- j. Mengadakan rapat-rapat koordinasi di tingkat BAKORNAS, SATKORLAK, SATLAK, dan POKJA Antar Dinas/instansi untuk menentukan beberapa tingkat dari risiko bencana banjir berikut konsekuensinya dan pembagian peran diantara instansi yang terkait, serta pengenalan/diseminasi kepada seluruh anggota SATKORLAK, SATLAK, dan POSKO atas SOP dalam kondisi darurat dan untuk menyepakati format dan prosedur arus informasi/laporan.
- k. Membentuk jaringan lintas instansi/sector dan LSM yang bergerak dibidang kepedulian terhadap bencana serta dengan media masa baik cetak maupun elektronik (stasion TV dan radio) untuk mengadakan kampanye peduli bencana kepada masyarakat termasuk penyaluran informasi tentang bencana banjir.
- l. Melaksanakan pendidikan masyarakat atas pemetaan ancaman banjir dan risiko yang terkait serta penggunaan material bangunan yang tahan air/banjir.

3. Peran serta Masyarakat

Masyarakat baik sebagai individu maupun masyarakat secara keseluruhan dapat berperan secara signifikan dalam manajemen bencana banjir yang bertujuan untuk memitigasi dampak dari bencana banjir. Peranan dan tanggung jawab masyarakat dapat dikategorikan dalam dua aspek yaitu aspek penyebab dan aspek partisipatif.

- a. Aspek penyebab, jika beberapa peraturan yang sangat berpengaruh atas faktor-faktor penyebab banjir dilaksanakan atau dipatuhi akan secara signifikan akan mengurangi besaran dampak bencana banjir, faktor-faktor tersebut adalah:

- 1) Tidak membuang sampah/limbah padat ke sungai, saluran dan sistem drainase;
 - 2) Tidak membangun jembatan dan atau bangunan yang menghalangi atau mempersempit palung aliran sungai;
 - 3) Tidak tinggal dalam bantaran sungai;
 - 4) Tidak menggunakan dataran retensi banjir untuk permukiman atau untuk hal-hal lain diluar rencana peruntukannya;
 - 5) Menghentikan penggundulan hutan di daerah tangkapan air,
 - 6) Menghentikan praktek pertanian dan penggunaan lahan yang bertentangan dengan kaidah-kaidah konservasi air dan tanah;
 - 7) Ikut mengendalikan laju urbanisasi dan pertumbuhan penduduk.
- b. Aspek partisipatif, dalam hal ini partisipasi atau kontribusi dari masyarakat dapat mengurangi dampak bencana banjir yang akan diderita oleh masyarakat sendiri, partisipasi yang diharapkan mencakup:
- 1) ikut serta dan aktif dalam latihan-latihan (gladi) upaya mitigasi bencana banjir misalnya kampanye peduli bencana, latihan kesiapan penanggulangan banjir dan evakuasi, latihan peringatan dini banjir dan sebagainya;
 - 2) ikut serta dan aktif dalam program desain & pembangunan rumah tahan banjir antara lain rumah tingkat, penggunaan material yang tahan air dan gerusan air;
 - 3) ikut serta dalam pendidikan publik yang terkait dengan upaya mitigasi bencana banjir;

- 4) ikut serta dalam setiap tahapan konsultasi publik yang terkait dengan pembangunan prasarana pengendalian banjir dan upaya mitigasi bencana banjir;
- 5) melaksanakan pola dan waktu tanam yang mengadaptasi pola dan kondisi banjir setempat untuk mengurangi kerugian usaha dan lahan pertanian dari banjir; dan
- 6) mengadakan gotong-royong pembersihan saluran drainase yang ada dilingkungannya masing-masing.

Mitigasi Bencana Longsor

Bencana longsor adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan oleh bergeraknya massa tanah dari puncak lereng sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis. Longsor disebabkan oleh banyak hal, baik yang sifatnya alami (kemiringan lereng, geologi, hidrologi, tanah, presipitasi/hujan, tutupan lahan, gerakan tanah dan aktivitas manusia (berbagai aktivitas manusia yang menyebabkan usikan pada zona merah mis : pertanian dan perikanan, modifikasi lereng, pembebanan oleh infrastruktur atau permukiman).

Mitigasi bencana longsor merupakan serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana longsor, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana longsor (BNPB, 2008). Sama dengan bencana lainnya, longsor juga tidak dapat dihindari kejadiannya. Hal yang dapat dilakukan yaitu mengurangi risiko bencana longsor dengan berbagai upaya mitigasi bencana. Mitigasi

bencana longsor dapat dibagi menjadi 3 sesuai tahapannya, jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang serta dibagi 2 menjadi mitigasi struktural dan mitigasi non-struktural seperti yang disajikan pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Mitigasi Bencana Longsor

Mitigasi Bencana Kekeringan

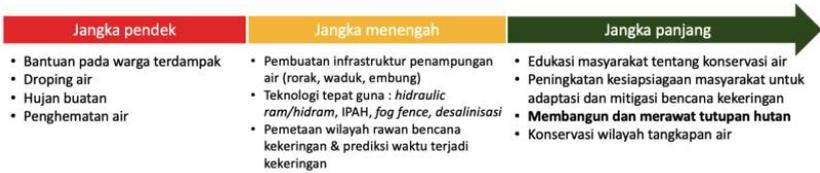
Bencana Kekeringan merupakan tidak tercukupinya hujan sebagai input dalam neraca air pada waktu yang panjang sehingga menyebabkan berbagai dampak dan konsekuensi kepada lingkungan dan manusia. Kekeringan terjadi akibat ketidakseimbangan antara input air dan output air pada lokasi tertentu. Input air pada suatu wilayah dapat berasal dari 3 sumber, yaitu hujan, cadangan air permukaan, dan cadangan air tanah. Sedangkan output air dapat berupa evapotranspirasi, pemanfaatan air, dan saluran drainase. Input dan output air pada kondisi kekeringan disajikan secara rinci pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Input dan Output Air pada Kondisi Kekeringan

Input	Output
<p>Hujan → jumlah hujan sedikit/tidak ada</p> <p>Cadangan air permukaan → mengalami pengurangan</p>	<p>Evapotranspirasi → evapotranspirasi lebih besar dibandingkan jumlah presipitasi</p>

<p>signifikan sehingga tidak mencukupi kebutuhan</p>	<p>Pemanfaatan air →pemanfaatan air baik untuk keperluan dasar, keperluan rumah tangga, keperluan pertanian ataupun untuk keperluan industri</p>
<p>Cadangan air tanah → terjadi pengurangan cadangan air tanah akibat penggunaan air tanah yang berlebihan sedangkan Kawasan tangkapan airnya terusik sehingga fungsinya tidak normal.</p>	<p>Saluran drainase → saluran drainase perkotaan dirancang untuk memitigasi banjir sehingga air dibuang secepat mungkin ke laut. Akibatnya air tidak memiliki kesempatan mengalami infiltrasi dan perkolasi untuk mengisi cadangan air tanah dalam akuifer.</p>

Bencana kekeringan memiliki bentuk yang berbeda dibandingkan bencana lainnya yaitu tidak terlihat tetapi dapat dirasakan dampaknya. Tentu saja dampak dari bencana kekeringan tidak dapat dibiarkan begitu saja, karena bencana kekeringan memiliki dampak yang luas serta dapat menimbulkan korban jiwa serta kerugian ekonomi yang sangat besar. Sebagai langkah dalam mengurangi risiko kekeringan, perlu dilakukan berbagai langkah mitigasi bencana. Langkah mitigasi bencana kekeringan dapat dibagi menjadi 3 kelompok berdasarkan tahapan waktunya, seperti yang disajikan pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Mitigasi Bencana Kekeringan

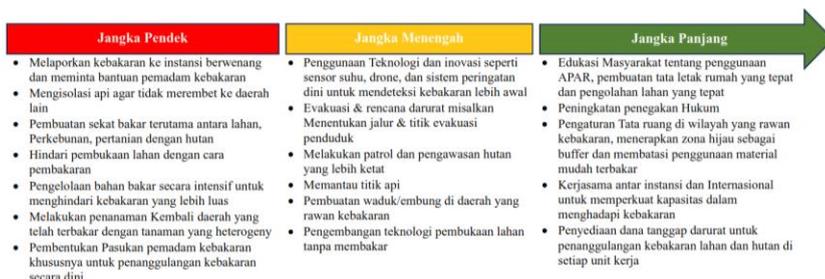
Pada umumnya cuaca ekstrim didasarkan pada distribusi klimatologi, dimana kejadian ekstrim lebih kecil sama dengan 5% distribusi. Tipenya sangat bergantung pada

lintang tempat, ketinggian, topografi, dan kondisi atmosfer. Parameter yang dilihat untuk menghitung indeks bahaya cuaca ekstrim adalah keterbukaan lahan, kemiringan lereng, dan curah hujan tahunan

Mitigasi Kebakaran Hutan dan Lahan

Kebakaran hutan dan lahan adalah suatu keadaan di mana hutan dan lahan dilanda api, sehingga mengakibatkan kerusakan hutan dan lahan yang menimbulkan kerugian ekonomis dan atau nilai lingkungan. Penyebab kebakaran hutan dan lahan terbagi atas 2 faktor yaitu faktor alam (musim kemarau akibat suhu tinggi yang memicu kebakaran, angin, aktivitas vulkanik dan ground fire/kebakaran dalam lapisan tanah, biasa terjadi di lahan gambut) dan factor manusia (pembakaran hutan yang tidak terkendali, konflik antara Perusahaan dan Masyarakat pemilik lahan, meninggalkan bekas api unggun, dan membuang puntung rokok di hutan atau lahan). Kebakaran hutan dan lahan seringkali menyebabkan bencana asap yang dapat mengganggu aktivitas dan kesehatan masyarakat sekitar.

Langkah mitigasi kebakaran hutan dan lahan dapat dibagi menjadi 3 kelompok berdasarkan tahapan waktunya, seperti yang disajikan pada Gambar 5.6.

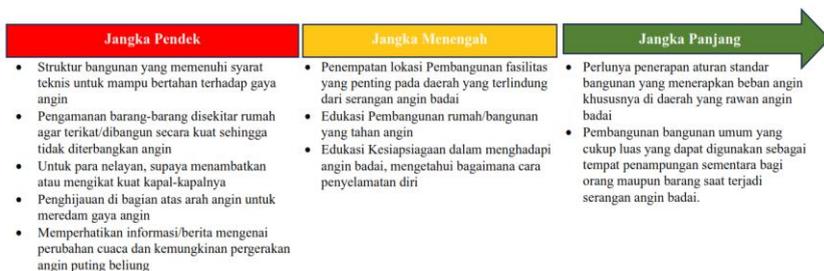


Gambar 5.6 Mitigasi Kebakaran hutan dan lahan

Mitigasi Bencana Angin Puting Beliung

Angin puting beliung adalah pusaran angin kencang dengan kecepatan 120 km/jam atau lebih. Angin puting beliung sering terjadi di wilayah tropis diantara garis balik utara dan selatan, kecuali di daerah-daerah yang sangat berdekatan dengan khatulistiwa. Bencana ini di sebabkan oleh perbedaan tekanan dalam suatu sistem cuaca. Angin puting beliung disebabkan oleh perbedaan tekanan dalam suatu sistem cuaca. Angin paling kencang yang terjadi di daerah tropis ini umumnya berpusar dengan radius ratusan kilometer di sekitar daerah sistem tekanan rendah yang ekstrem. Sistem pusaran ini bergerak dengan kecepatan sekitar 20 km/jam. Di Indonesia, angin ini dikenal sebagai badai, di Samudra Pasifik sebagai angin taifun (typhoon), di Samudra Hindia disebut siklon (cyclone), dan di Amerika dinamakan hurricane.

Mitigasi bencana angin puting beliung dapat dibagi menjadi 3 sesuai tahapannya, jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang seperti yang disajikan pada Gambar 5.7

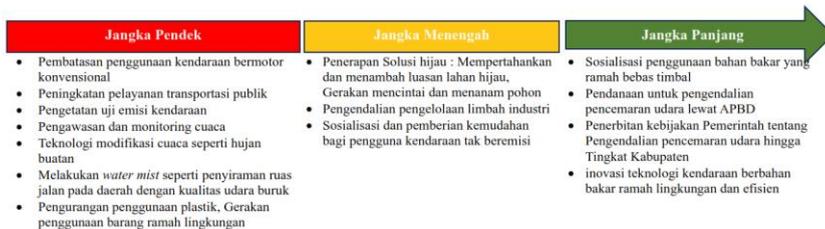


Gambar 5.7 Mitigasi bencana angin puting beliung

Mitigasi Kualitas Udara Buruk

Kualitas udara mengacu pada kondisi udara disekitar kita. Kualitas udara yang buruk berkaitan dengan tingkat polusi udara yang tinggi disebabkan oleh asap, debu dan

kabut asap serta pengotor udara lainnya. Kualitas udara ditentukan oleh nilai konsentrasi polutan di udara atau berdasarkan indeks-indeks kualitas udara lainnya. Mitigasi kualitas udara buruk dapat dibagi menjadi 3 sesuai tahapannya, jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang seperti yang disajikan pada Gambar 5.8



Gambar 5.8 Mitigasi kualitas udara buruk

Daftar Pustaka

- <https://iklim.bmkg.go.id/publikasi-limat/ftp/brosur/Leaflet%20Hidrometeorologi.pdf>
- https://bpbd.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/63_bencana-hidrometeorologi
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2017, Modul Konsep Dan Karakteristik Bencana. Pusdiklat SDA dan Konstruksi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- PP No 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana.
- Tim Dosen Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Modul Hidrometeorologi.
- UU Nomor 24 tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana.

Profil Penulis



Dr. Susilowati, S.T., M.T.

Lahir di Teluk Betung 6 Januari 1975. Penulis menempuh pendidikan S1- Teknik Sipil di Universitas Lampung, selesai tahun 1998, menyelesaikan S2 pada Program Magister Teknik Sipil dari Universitas Lampung di tahun 2010, dan menyelesaikan S3 pada Program Doktor Teknik Sipil dari Universitas Tarumanagara pada tahun 2022. Sejak tahun 2011 penulis tercatat sebagai Dosen pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung. Matakuliah yang diampu Hidrologi, Drainase, Mekanika Fluida dan K3 Konstruksi. Penulis juga aktif melakukan penelitian sesuai bidang kompetensinya dan beberapa penelitiannya telah didanai oleh Kemenristek DIKTI. Asosiasi Profesi yang diikuti HATHI, ATAKI, PAKKI dan INTAKINDO.

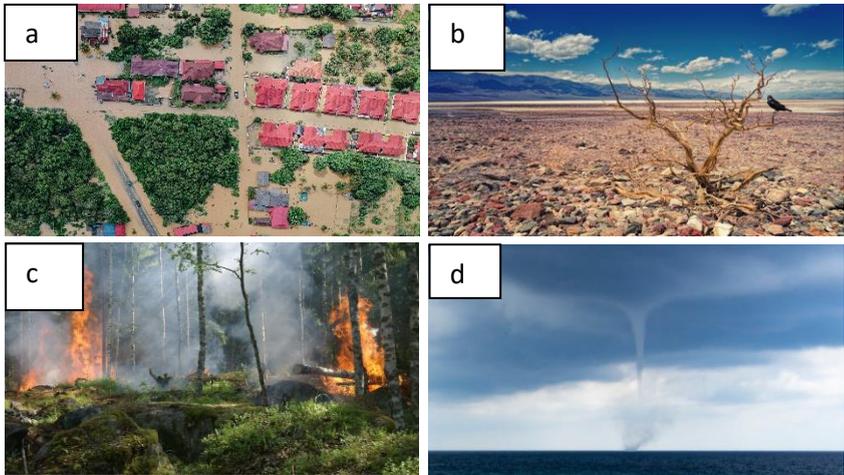
Email Penulis: susilowati@ubl.ac.id

MANAGEMENT BENCANA HIDROMETEOROLOGI DAN TANGGAP DARURAT

Dr. Any Nurhasanah, ST., MT.
Universitas Bandar Lampung

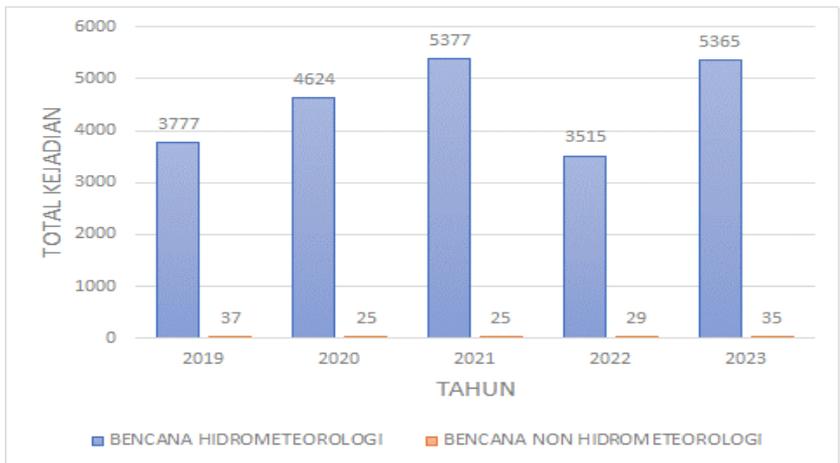
Bencana Hidrometeorologi di Indonesia

Indonesia merupakan negara yang rawan terhadap bencana. Salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia adalah bencana hidrometeorologi yaitu bencana alam yang proses merusaknya terjadi di atmosfer, air, dan juga di laut. Bencana hidrometeorologi berkaitan dengan adanya perubahan iklim sehingga menimbulkan cuaca ekstrim yang berpengaruh terhadap cuaca, curah hujan, temperatur (suhu), kelembaban, dan angin. Bencana hidrometeorologi meliputi gelombang pasang di laut, banjir, angin kencang, angin puting beliung, kekeringan, kebakaran hutan, kualitas udara yang buruk (polusi), dan tanah longsor.



Gambar 6.1. Bencana hidrometeorologi; a. banjir, b. kekeringan, c. kebakaran hutan, d. angin puting beliung

Berdasarkan data yang diolah dari Geoportal Data Bencana Indonesia yang dikeluarkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), kejadian bencana hidrometeorologi dan non hidrometeorologi (gempa bumi dan erupsi gunung berapi) dalam 5 tahun terakhir disajikan pada Gambar 6.2.



Gambar 6.2. Kejadian bencana di Indonesia

Tabel 6.1. Perbandingan antara kejadian bencana hidrometeorologi dan bencana non hidrometeorologi.

Tahun	Kejadian Bencana Hidrometeorologi	Kejadian Bencana Non Hidrometeorologi	Prosentase kejadian bencana hidrometeorologi (%)
2019	3777	37	99,02
2020	4624	25	99,46
2021	5377	25	99,54
2022	3515	29	99,17
2023	5365	35	99,35

Apabila dilihat dari Tabel 6.1, kejadian bencana hidrometeorologi merupakan bencana yang paling banyak terjadi di Indonesia jika dibandingkan dengan bencana non hidrometeorologi yaitu lebih dari 99% kejadian. Trend kejadian bencana hidrometeorologi dapat dilihat pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2. Kejadian bencana hidrometeorologi tahun 2019 - 2023

Tahun	Kejadian Bencana Hidrometeorologi	Peningkatan/Penurunan Bencana (%)	Keterangan
2019	3777		
2020	4624	18,32	meningkat
2021	5377	14,00	meningkat
		-34,63	menurun

2022	3515	34,48	meningkat
2023	5365		

Tabel 6.2 menunjukkan adanya peningkatan total kejadian bencana dari tahun 2019 sampai dengan tahun 2021 sebesar 18,32% dan 14 %, kemudian menurun hingga 34,63% di tahun 2022, dan kembali meningkat di tahun 2023 yaitu sebesar 34,48%.

Sebaran bencana hidrometeorologi yang terjadi dari tahun 2019-2023 disajikan pada Gambar 6.3. Bencana hidrometeorologi yang paling banyak terjadi (rata-rata di atas 1000 kejadian dalam periode 2019-2023) adalah cuaca ekstrim/puting beliung dan banjir, namun pada tahun 2023 kejadian kebakaran hutan dan lahan (karhutla) menempati peringkat pertama bencana hidrometeorologi yaitu sebanyak 2051 kejadian dengan rata-rata 845 kejadian dalam periode 2019-2023. Per Januari 2024, bencana hidrometeorologi sudah ada 150 kejadian (banjir 99, cuaca ekstrim 41, tanah longsor 9, karhutla 1)



Gambar 6.3. Sebarab kejadian bencana Hidrometeorologi di Indonesia

Meningkatnya trend kejadian bencana hidrometeorologi di Indonesia diakibatkan oleh perubahan iklim global dan kerusakan lingkungan sehingga menyebabkan meningkatnya banjir, tanah longsor, dan puting beliung. Banjir merupakan masalah yang menjadi perhatian utama di banyak wilayah berbagai negara. Masalah ini diperburuk dengan adanya perubahan iklim global. Efek rumah kaca juga berpengaruh terhadap siklus hidrologi. Tingginya Curah hujan, perubahan fungsi lahan akan mempengaruhi luas genangan banjir di dataran rendah. Kekeringan serta kebakaran hutan dan lahan meningkat di musim kemarau. Pemanasan global juga meningkatkan suhu di permukaan sehingga menimbulkan kenaikan perbedaan tekanan udara antara satu daerah dengan daerah lainnya. Kondisi ini dapat memicu kenaikan frekuensi kejadian bencana angin puting beliung (Aldrian, 2011).

Dampak Bencana Hidrometeorologi

Dampak bencana dapat berupa kerusakan dan korban jiwa. Data dari BNPB (Gambar 6.4) menyebutkan sepanjang tahun 2023 telah terjadi 5.400 bencana yang mengakibatkan korban meninggal sebanyak 275 jiwa, orang hilang 33 jiwa, 5.795 luka-luka, korban yang terdampak dan mengungsi 8.491.288. Kerusakan akibat bencana sepanjang tahun 2023 yaitu rumah sebanyak 47.214 buah dan fasilitas 1.291 buah, kantor 135 buah, dan jembatan 258 buah.



Gambar 6.4. Bencana di Indonesia dan dampaknya tahun 2023 (BNPB, 2024)

Selain di Indonesia, bencana hidrometeorologi juga terjadi di negara-negara lain. Sapanjang tahun 2023, banjir bandang terbesar telah terjadi di lima negara (CNBC Indonesia, 2023), yaitu

1. Libya; akibat Badai Daniel dan hujan deras menjebolkan bendungan sehingga mengakibatkan lebih dari 5000 orang tewas, ribuan orang diungsikan, dan kerusakan iinfrastruktur.

2. Pakistan; akibat hujan lebat selama berminggu-minggu membanjiri Sungai Sutlej di Pakistan, menyebabkan 16 orang tewas, 36 luka-luka, dan lebih dari 162.257 orang mengungsi. Banjir ini menenggelamkan 153.231 hektar lahan pertanian.
3. Haiti; akibat hujan lebat, angin kencang, banjir dan tanah menimbulkan 58 orang tewas, 143 orang terluka, 9.100 orang mengungsi. Kerusakan material juga cukup besar, hampir 37.500 rumah rusak, termasuk 893 hancur, 3.000 ekor sapi hilang dan 30.000 hektar lahan pertanian terendam banjir.
4. China; dilanda banjir akibat Topan Doksuri mengakibatkan lebih dari 31000 orang mengungsi.
5. Malawi; akibat Siklon Tropis Freddy menghasilkan curah hujan yang setara dengan 6 bulan dalam 6 hari mengakibatkan sekitar 500.000 orang terkena dampak, 40.000 rumah telah rusak, dan lebih dari 180.000 orang mengungsi .

Managemen Bencana Hidrometeorologi

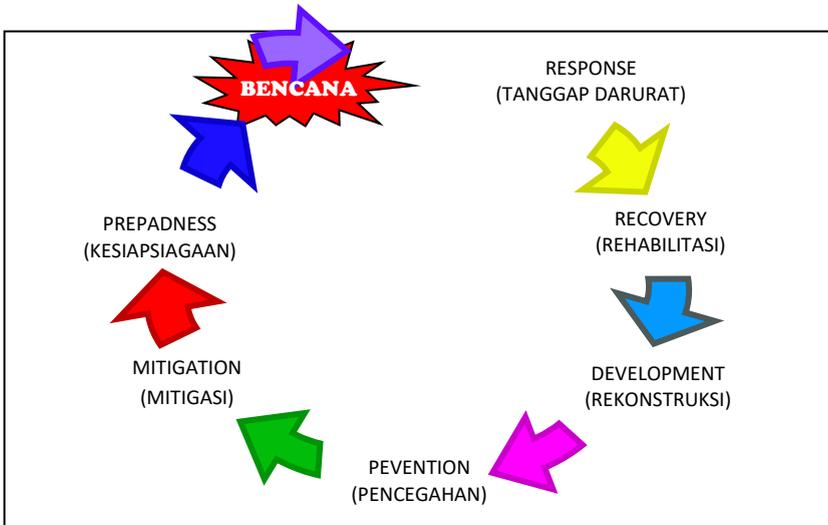
Menurut UU No.24 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana, manajemen bencana adalah suatu proses dinamis, berlanjut dan terpadu untuk meningkatkan kualitas langkah-langkah yang berhubungan dengan observasi dan analisis bencana serta pencegahan, mitigasi, kesiapsiagaan, peringatan dini, penanganan darurat, rehabilitasi dan rekonstruksi bencana. Manajemen bencana hidrometeorologi adalah suatu proses mempersiapkan dan merespons bencana hidrometeorologi secara efektif dan dilakukan secara terus menerus. Hal ini melibatkan pemerintah, masyarakat sipil, dan pihak lain yang merupakan sumber daya strategis untuk mengurangi dampak buruk yang ditimbulkan oleh bencana. Proses lintas sektoral yang terintegrasi dan

berkelanjutan dilakukan untuk mengelola tanggung jawab pencegahan bencana, kesiapsiagaan, respons, dan pemulihan.

Tujuan manajemen bencana adalah untuk meminimalisasi kerugian dan dampak atau risiko yang ditimbulkan saat terjadi bencana serta mempercepat proses pemulihan pascabencana yaitu dengan:

1. mengurangi jumlah korban jiwa manusia, kerusakan harta benda, dan kerugian lebih lanjut.
2. mengurangi kesulitan dalam kehidupan dan penghidupan korban.
3. mengembalikan korban bencana dari daerah pengungsian ke daerah asal.
4. merelokasi ke daerah baru yang layak huni dan aman.
5. mengembalikan fungsi fasilitas umum (komunikasi, transportasi, air minum, listrik, dan telepon)
6. mengembalikan kehidupan ekonomi dan sosial daerah yang terkena bencana.

Manajemen bencana terdiri dari 6 tahapan (Carter, 1991), yaitu *prevention* (pencegahan), *mitigation* (peringanan), *preparedness* (kesiapsiagaan), *disaster impact* (dampak bencana), *response* (tanggapan), *recovery* (pemulihan), dan *development* (pembangunan). Siklus Manajemen Bencana (Carter, 1991) dapat dilihat pada Gambar 6.5.



Gambar 6.5. Siklus manajemen Bencana (Carter 1991)

Response atau tanggap darurat adalah tindakan yang segera diambil pada saat kejadian bencana untuk menangani dampak buruk yang ditimbulkan. Kegiatan ini meliputi penyelamatan dan evakuasi korban, melindungi harta benda, pemenuhan kebutuhan dasar, perlindungan, pengurusan pengungsian dan pemulihan sarana prasarana.

Recovery adalah proses pemulihan kondisi masyarakat ke fungsi kehidupan seperti sebelum terjadi bencana, dan pembersihan lingkungan di daerah bencana.

Development adalah serangkaian kegiatan untuk mengembalikan situasi dan kondisi seperti sebelum terjadi bencana, termasuk membangun infrastruktur, menghidupkan akses sumber-sumber ekonomi, memperbaiki lingkungan, dan pemberdayaan masyarakat. Kegiatan ini berorientasi pada pembangunan dengan tujuan mengurangi dampak bencana, dan memberikan manfaat secara ekonomis kepada masyarakat.

Prevention merupakan serangkaian kegiatan untuk menyediakan sarana yang dapat memberikan perlindungan secara permanen dari dampak yang

ditimbulkan oleh peristiwa alam. Kegiatan ini meliputi rekayasa teknologi dalam pembangunan fisik termasuk pembuatan regulasi yang memberikan jaminan perlindungan terhadap lingkungan hidup, pembebasan lokasi rawan bencana dari pemukiman penduduk, dan relokasi penduduk.

Mitigation merupakan serangkaian tindakan yang dilakukan untuk menghadapi bencana dengan mengurangi atau meminimalisasi dampak bencana terhadap kelangsungan hidup manusia dan lingkungan hidupnya (struktural). Selain itu juga perlu adanya edukasi sebagai upaya penyadaran masyarakat terhadap potensi dan kerawanan (hazard) lingkungan mereka tinggal, sehingga masyarakat dapat mengelola kesiapsiagaan terhadap bencana. Upaya mitigasi bencana hidrometeorologi misalnya dengan membangun dam penahan banjir atau gelombang, penanaman pohon bakau, dan penghijauan hutan;

Prepadness merupakan kesiapsiagaan terhadap bencana dengan membuat *Early Warning System* atau sistem peringatan dini, memberikan informasi kepada masyarakat tentang kapan suatu bahaya hidrometeorologi dapat diidentifikasi dan kemungkinan dampak yang ditimbulkan. Informasi mengenai perkiraan terjadinya bencana hidrometeorologi seperti cuaca ekstrim, gelombang pasang, angin putting beliung ini dikeluarkan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) sehingga masyarakat dapat mengantisipasi dampak yang ditimbulkan.

Manajemen bencana pada dasarnya bertujuan untuk menghindarkan masyarakat dari bencana dengan meminimalisasi kemungkinan munculnya hazard maupun mengatasi kerentanan (Sambodo, 2018). Model manajemen bencana ada 5, yaitu:

1. *Disaster management continuum model.*

Model ini merupakan model terpopuler karena terdiri dari tahapan-tahapan yang jelas sehingga dalam pelaksanaannya lebih mudah. Tahap-tahap manajemen bencana pada model ini meliputi *emergency, relief, rehabilitation, reconstruction, mitigation, preparedness, dan early warning.*

2. *Pre-during-post disaster model.*

Model ini membagi tahap kegiatan sebelum bencana, selama bencana terjadi, dan setelah bencana. Model ini seringkali digabungkan dengan *disaster management continuum model.*

3. *Contract-expand model.*

Model ini berasumsi bahwa seluruh tahap yang ada di manajemen bencana seperti *emergency, relief, rehabilitation, reconstruction, mitigation, preparedness, dan early warning* harus dilaksanakan pada daerah rawan bencana. Perbedaan pada kondisi bencana dan tidak ada bencana yaitu pada saat bencana ada tahapan tertentu yang lebih dikembangkan (*emergency dan relief*), sementara tahap yang lain (*rehabilitation, reconstruction, dan mitigation*) kurang ditekankan.

4. *The crunch and release model.*

Model ini menekankan upaya mengurangi kerentanan untuk mengatasi bencana. Jika masyarakatnya tidak rentan, maka kemungkinan terjadi bencana akan lebih kecil meski hazard tetap terjadi.

5. *Disaster risk reduction framework.*

Model manajemen bencana ini menekankan upaya pada identifikasi risiko bencana baik yang berbentuk

kerentanan ataupun hazard dan mengembangkan kapasitas untuk mengurangi risiko bencana tersebut.

Menurut Paramesti (2011), dalam siklus manajemen bencana, upaya kesiapsiagaan termasuk dalam fase pengurangan risiko sebelum terjadinya bencana. Pergeseran konsep penanganan bencana menjadi paradigma pengurangan risiko bencana semakin menekankan bahwa upaya kesiapsiagaan bencana merupakan salah satu tahapan penting untuk mengurangi besarnya kerugian yang timbul akibat adanya bencana.

Tanggap Darurat Bencana Hidrometeorologi

Tanggap Darurat Bencana merupakan serangkaian tindakan yang diambil secara cepat menyusul terjadinya suatu peristiwa bencana, termasuk penilaian kerusakan, kebutuhan (*damage and needs assessment*), penyaluran bantuan darurat, upaya pertolongan, dan pembersihan lokasi bencana. Kegiatan ini juga termasuk dalam kegiatan penyelamatan dan evakuasi korban

Tujuan adanya tanggap darurat:

1. Menyelamatkan jiwa manusia dari bencana hidrometeorologi demi kelangsungan hidup manusia;
2. Mengurangi penderitaan korban bencana;
3. Meminimalkan kerugian material.

Kegiatan yang dilakukan saat tanggap darurat antara lain,

1. penentuan lokasi kerusakan dan sumberdaya
2. menentukan status keadaan darurat bencana
3. menyelamatkan dan mengevakuasi masyarakat terkena bencana
4. memenuhi kebutuhan logistik dan kebutuhan dasar

5. melindungi kelompok yang rentan
6. segera melakukan pemulihan sarana dan prasarana yang vital.

Tanggap darurat bencana hidrometeorologi adalah upaya yang dilakukan sesegera mungkin setelah terjadi bencana, untuk menanggulangi sementara kerusakan-kerusakan bangunan fisik dan non fisik dari ancaman bahaya hidrometeorologi yang sedang berlangsung maupun yang sudah berhenti, agar dampaknya bertambah parah dan meluas, dengan cara melakukan kajian darurat, untuk mengidentifikasi dalam merespon informasi tanggap darurat. Kajian ini penting artinya untuk mengetahui badan publik yang cepat secara responsif menanggapi bencana ini. Selain itu perlu mengetahui media apa yang digunakan untuk menyampaikan informasi ke masyarakat dengan bahasa yang mudah dipahami dan mudah dijangkau. Informasi yang disampaikan dapat berupa:

1. Cakupan lokasi bencana;
2. Jumlah korban;
3. Kerusakan prasarana dan sarana;
4. Gangguan terhadap fungsi pelayanan umum serta pemerintahan; dan
5. Kemampuan sumber daya alam maupun buatan.

Informasi mengenai tanggap darurat mengenai salah satu bencana hidrometeorologi (banjir) dapat berupa poster seperti yang disajikan pada Gambar 6.6. Poster tersebut menginformasikan lama tanggap bencana, penyebab, dan jumlah korban yang mengungsi



Gambar 6.6. Poster informasi tanggap darurat banjir (Tim Komunikasi Publik Dinkominfo Kota Pekalongan, 2020)

Daftar Pustaka

- Aldrian, Edvin dkk., 2011, Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia. Jakarta : BMKG
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana, (2024), Infografis Bencana Tahun 2023, <https://www.bnpb.go.id/infografis/infografis-bencana-tahun-2023>, (diakses tanggal 2 Februari 2024)
- Carter, W. N. 2008. Disaster Management : A Disaster Manager's Handbook. Asian Development Bank, 1991.
- CNBC Indonesia, 2023, 5 Banjir Bandang Terbesar di Dunia Sepanjang Tahun 2023, <https://www.cnbcindonesia.com/research/20230913051635-128-471931/5-banjir-bandang-terbesar-di-dunia-sepanjang-tahun-2023> (diakses tanggal 2 Februari 2024)
- Paramesti, C.A. 2011. Kesiapsiagaan Masyarakat Kawasan Pelabuhan Ratu Terhadap Bencana Gempa Bumi dan Tsunami. Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota, vol. 22, no. 2, hlm. 113-128
- Purnama, Gede., 2017, Modul Manajemen Bencana, Fakultas Kedokteran Universitas Udayana, Bali.
- Sambodo, E., 2018, Manajemen Bencana, <https://endrosambodo1984.wordpress.com/2012/04/18/manajemen-bencana/> (diakses 24 Januari 2024)
- Tim Komunikasi Publik Dinkominfo Kota Pekalongan, 2020, Pemkot Tetapkan Tanggap Darurat Banjir Hingga 7 Hari Mendatang, <https://pekalongankota.go.id/berita/pemkot-tetapkan-tanggap-darurat-banjir-hingga-7-hari-mendatang.html> (diakses 31 Januari 2024)
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Badan Nasional Penanggulangan Bencana, Jakarta.

Profil Penulis



Dr. Any Nurhasanah, ST., MT.

Penulis di lahirkan di Tanjungkarang. pada tanggal 23 April 2023. Penulis menempuh studi di S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung dan lulus pada tahun 1996. Tahun 2002, penulis menyelesaikan studi S2 di Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan S3 di jurusan di kampus yang sama. Penelitian di bidang kebencanaan sudah ditekuni sejak tahun 2008. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi S1 dan S2 Teknik Sipil di Universitas Bandar Lampung dan menjadi Kepala Pusat Studi Gempa dan Tsunami di Universitas Bandar Lampung.

Email Penulis : any_nurhasanah@ubl.ac.id

KUALITAS AIR DAN BENCANA PENCEMARAN

Kemala Hadidjah, S.T., M.Si.
Politeknik Pertanian Negeri Samarinda

Pendahuluan

Air adalah sumber kehidupan yang sangat penting bagi semua makhluk hidup di bumi. Kualitas air yang baik sangat diperlukan untuk memastikan kesehatan manusia, keberlangsungan ekosistem, dan keberlanjutan kehidupan. Tetapi saat ini kualitas air sering kali terancam akibat berbagai aktivitas manusia dan alam yang dapat menyebabkan bencana pencemaran air. Pencemaran air dapat terjadi akibat limbah industri, pertanian, domestik, serta kejadian alam seperti banjir dan erosi. Dampak dari pencemaran air sangat serius, mulai dari kerusakan ekosistem air, kesehatan manusia, hingga ketersediaan air bersih untuk kebutuhan sehari-hari.

Pentingnya pengelolaan bencana pencemaran air tidak dapat diabaikan. Langkah-langkah pencegahan, pengelolaan limbah yang baik, penggunaan bahan ramah lingkungan, serta kesadaran akan pentingnya menjaga kualitas air menjadi kunci dalam upaya mengurangi risiko bencana pencemaran air. Pengelolaan bencana pencemaran air memiliki kepentingan yang sangat besar dalam menjaga kesehatan lingkungan dan masyarakat.

Peningkatan aktivitas manusia, termasuk pembangunan dan kegiatan industri, dapat meningkatkan jumlah limbah domestik dan industri yang mencemari air tanah dan permukaan. Oleh sebab itu pengelolaan bencana pencemaran air menjadi krusial untuk meminimalkan dampak negatifnya. Upaya-upaya pengelolaan seperti pengelolaan limbah, pemantauan kualitas air, pengolahan air limbah, regulasi, dan kesadaran masyarakat sangat dibutuhkan untuk mencegah dan mengurangi pencemaran air serta menjaga kualitas air yang baik.

Kualitas Air

Kualitas air merujuk pada kondisi air dilihat dari karakteristik fisik, kimia, biologi, dan mikrobiologi yang mempengaruhi kegunaan air tersebut. Kualitas air yang baik sangat penting untuk menjaga keberlangsungan ekosistem perairan dan kesehatan manusia. Parameter kualitas air adalah ukuran yang digunakan untuk menilai kondisi air. Parameter kualitas air dapat diukur dengan berbagai cara, seperti dengan mengambil sampel air dan menganalisisnya di laboratorium. Parameter kualitas air dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu parameter fisika, parameter kimia, dan parameter biologi (Widianto, 2023).

Parameter fisika yaitu parameter kualitas air yang berkaitan dengan sifat-sifat fisik air, misalnya suhu, pH, kekeruhan, warna, bau, dan rasa. Suhu air dapat mempengaruhi kelarutan zat dalam air dan dapat mempengaruhi kehidupan organisme dalam air. Suhu air yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat membunuh organisme dalam air dan dapat merusak ekosistem air. pH adalah ukuran keasaman atau kebasaan air. Air dengan pH yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat membunuh organisme dalam air dan dapat mempengaruhi kemampuan organisme dalam air dan

dapat mempengaruhi kemampuan organisme untuk menyerap nutrisi. Warna air dapat diukur dengan spektrofotometer. Warna air yang berbeda-beda dapat menunjukkan adanya senyawa organik atau anorganik dalam air. Bau air juga dapat menjadi indikator adanya senyawa organik dalam air. Bau air yang menyengat dapat menunjukkan adanya bakteri atau zat organik dalam air.

Parameter kimia yaitu parameter kualitas air yang berkaitan dengan komposisi kimia air, misalnya kandungan bahan organik, kandungan logam berat, dan kandungan mikroorganisme. BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah ukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk mendekomposisi senyawa organik dalam air. Air dengan BOD yang tinggi dapat menunjukkan adanya senyawa organik dalam air. COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah ukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mendekomposisi senyawa organik dan zat kimia dalam air. Air dengan COD yang tinggi dapat menunjukkan adanya senyawa organik dan zat kimia dalam air. Kandungan nitrat dan fosfat dapat menjadi indikator adanya zat-zat yang dapat memicu pertumbuhan alga dan mengakibatkan air menjadi keruh. Kandungan logam berat dalam air dapat diukur dengan spektrofotometer. Kandungan logam berat dalam air dapat menyebabkan kerusakan organisme dalam air dan mempengaruhi kesehatan manusia yang meminum air tersebut.

Parameter biologi yaitu parameter kualitas air yang berkaitan dengan biota perairan, misalnya keberadaan dan kelimpahan biota perairan. Kandungan bakteri dalam air merupakan parameter biologis yang penting untuk dinilai. Kandungan bakteri yang melebihi batas standar dapat menunjukkan adanya pencemaran dan berpotensi membahayakan kesehatan manusia. Pengamatan plankton juga merupakan parameter biologis yang

digunakan untuk mengevaluasi kualitas air. Plankton dapat menjadi indikator penting dalam menilai kondisi ekosistem perairan.

Pengukuran parameter kualitas air dapat memberikan gambaran mendalam mengenai kondisi ekologis suatu sumber air. Saat parameter-parameter ini melampaui batas standar yang ditetapkan, maka akan terjadi pencemaran air yang berdampak negatif. Pencemaran air dapat memiliki dampak yang merugikan bagi lingkungan dan manusia. Beberapa dampak pencemaran air misalnya adalah sebagai berikut (Asia, 2023):

1. Kesehatan manusia. Pencemaran air dapat menyebabkan berbagai penyakit yang berkaitan dengan konsumsi air yang tercemar, seperti penyakit perut, infeksi saluran pernapasan, dan penyakit kulit. Selain itu, zat-zat kimia berbahaya dalam air juga dapat menyebabkan keracunan dan masalah kesehatan jangka panjang.
2. Kehidupan akuatik. Pencemaran air dapat merusak ekosistem perairan dan mengancam kelangsungan hidup organisme akuatik seperti ikan, udang, dan tumbuhan air.
3. Kualitas air. Pencemaran air dapat menurunkan kualitas air dan membuatnya tidak layak untuk digunakan dalam berbagai keperluan seperti minum, mandi, dan irigasi.
4. Kerusakan lingkungan. Pencemaran air dapat merusak ekosistem perairan, mengancam keberlangsungan hidup makhluk hidup di dalamnya, dan mengganggu keseimbangan ekosistem.
5. Kerusakan infrastruktur. Air yang tercemar dapat merusak infrastruktur seperti pipa air dan saluran air.



Gambar 7.1 Pencemaran air

(Sumber: <https://pixabay.com/id/photos/kontaminasi-pencemaran-air-danau-4286704/> (2023))

Bencana Pencemaran Air

Pencemaran air merupakan ancaman serius yang mengakibatkan bencana ekologis dan kesehatan masyarakat. Dengan pertumbuhan populasi, industrialisasi, dan aktivitas manusia yang semakin intensif, sumber air akan semakin rentan terhadap kontaminasi berbagai zat berbahaya. Dampak pencemaran air tidak hanya terasa pada ekosistem akuatik, tetapi juga berpotensi mengancam keberlanjutan penyediaan air bersih bagi manusia. Bencana pencemaran air merujuk pada ketidakpastian yang terjadi dalam lingkungan hidup yang menyebabkan penurunan kualitas air. Bencana pencemaran air dapat dikategorikan menjadi pencemaran air permukaan, pencemaran air tanah, dan pencemaran air limbah. Pencemaran air permukaan ialah pencemaran air yang terjadi di sungai, danau, laut, dan

air tanah. Pencemaran air tanah yaitu pencemaran air yang terjadi di lapisan tanah yang berada di bawah permukaan tanah. Pencemaran air limbah yakni pencemaran air yang terjadi akibat pembuangan limbah.

Menurut Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, bencana pencemaran air dapat disebabkan oleh faktor alam, non alam, dan manusia, yang mengakibatkan kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Penyebab bencana pencemaran air dapat berasal dari berbagai faktor, baik alamiah maupun manusia. Bencana alam seperti letusan gunung berapi, banjir, abrasi, tanah longsor, puting beliung, gempa bumi, dan tsunami dapat menjadi penyebab rusaknya lingkungan hidup akibat peristiwa alam. Misalnya saja saat terjadi banjir, lapisan unsur hara tanah dapat hilang terbawa arus air yang menyebabkan pencemaran tanah dan air. Kerusakan yang disebabkan oleh manusia justru lebih besar dibanding kerusakan akibat bencana alam. Aktivitas manusia seperti perusakan hutan, pertambangan, pencemaran udara, air, dan tanah dapat menyebabkan kerusakan lingkungan yang terus menerus dan cenderung meningkat. Misalnya saja pembuangan sampah sembarangan dapat menyebabkan pencemaran air dan menghambat aliran sungai. Kebakaran hutan juga dapat menyebabkan pencemaran udara dan air. Hutan yang terbakar akan sulit ditanami kembali karena unsur-unsur penting dalam tanah sudah hilang, rusak, bahkan mati. Kerusakan hidrologis seperti kerusakan fungsi dari wilayah hulu sungai karena waduk dan pada bagian saluran irigasinya terisi sedimen dalam jumlah yang sangat besar, juga dapat menjadi penyebab pencemaran air. Kekeringan dapat terjadi karena adanya kebiasaan buruk seperti membuang air bersih yang tidak terpakai. Selain itu, kerusakan hidrologis juga dapat menjadi penyebab kekeringan di lingkungan.

Dampak bencana pencemaran air dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan dan lingkungan. Pencemaran air dapat menyebabkan keracunan, infeksi, dan penyakit kulit. Selain itu, pencemaran air juga dapat merusak ekosistem air dan mengancam keberlangsungan hidup makhluk hidup di dalamnya. Beberapa contoh dampak bencana pencemaran air antara lain yaitu meningkatnya jumlah kematian akibat penyakit yang ditularkan melalui air, kerusakan ekosistem air, dan menurunnya kualitas air yang dapat mempengaruhi ketersediaan air bersih bagi manusia dan hewan.

Upaya pencegahan bencana pencemaran air dapat dilakukan oleh semua pihak, mulai dari pemerintah, swasta, hingga masyarakat. Pencegahan bencana pencemaran air meliputi berbagai tindakan untuk meminimalkan masuknya zat pencemar ke dalam sumber air. Beberapa upaya pencegahan meliputi pengelolaan limbah, pemantauan kualitas air, pengolahan air limbah, regulasi dan pengawasan, serta edukasi dan kesadaran masyarakat.

1. Pengelolaan limbah. Pengelolaan limbah industri yang sesuai dengan peraturan lingkungan dapat mencegah pencemaran air.
2. Pemantauan kualitas air. Pemantauan secara berkala terhadap kualitas air, baik dari sumber air maupun limbah, dapat membantu dalam mendeteksi potensi pencemaran.
3. Pengolahan air limbah. Melakukan pengolahan limbah dengan benar merupakan langkah kunci dalam mencegah pencemaran air. Perusahaan dapat memberikan pelatihan pengolahan air limbah bagi tenaga kerja untuk memaksimalkan upaya pencegahan pencemaran air yang diakibatkan oleh kegiatan industri.

4. Regulasi dan pengawasan. Pemerintah perlu menindak tegas pelaku pencemaran air, baik pelaku individu maupun pelaku korporasi. Hal ini penting untuk memberikan efek jera dan mencegah terjadinya pencemaran air di masa mendatang.
5. Edukasi dan kesadaran masyarakat. Masyarakat perlu menyadari bahwa pencemaran air merupakan masalah serius yang dapat berdampak negatif bagi kesehatan, ekosistem, dan lingkungan. Oleh karena itu, masyarakat perlu berperan aktif dalam menjaga kebersihan lingkungan, salah satunya dengan tidak membuang sampah sembarangan.

Pengelolaan Bencana Pencemaran Air

Pencemaran air merupakan salah satu masalah lingkungan yang menjadi perhatian karena dampaknya terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan hidup. Pengelolaan bencana pencemaran air melibatkan upaya untuk mengurangi, mencegah, dan mengatasi pencemaran air serta dampaknya terhadap lingkungan dan manusia. Hal ini meliputi pengawasan, penegakan hukum, dan kebijakan pemerintah untuk melindungi kualitas air dan sumber daya air dari pencemaran. Di samping itu, pendidikan dan kesadaran masyarakat merupakan bagian yang penting dari pengelolaan bencana pencemaran air. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup mengatur tentang pengelolaan bencana pencemaran air. Kegiatan pengelolaan bencana pencemaran air secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi tiga aspek utama, yaitu pencegahan, pengurangan, dan penanggulangan.

Pencegahan. Pencegahan merupakan upaya untuk mencegah terjadinya pencemaran air. Upaya pencegahan ini dapat dilakukan melalui berbagai cara, misalnya adalah penerapan peraturan dan perundang-undangan yang ketat mengenai pengelolaan limbah; pengembangan teknologi pengolahan limbah yang ramah lingkungan; serta peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kualitas air.

Peraturan dan perundang-undangan yang ketat mengenai pengelolaan limbah sangat penting untuk mencegah pencemaran lingkungan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa implementasi peraturan dan perundang-undangan di Indonesia yang mengatur pengelolaan limbah masih belum berjalan secara efektif (Suasono, et al., 2023). Penerapan peraturan dan perundang-undangan yang ketat mengenai pengelolaan limbah dapat dilakukan melalui pengawasan dan penegakan hukum terhadap pelanggaran pengelolaan limbah serta dapat menjadi instrumen yang efektif untuk mencegah terjadinya pencemaran air. Peraturan tersebut dapat mengatur tentang jenis limbah yang dapat dibuang ke lingkungan, jumlah limbah yang boleh dibuang, dan cara pengolahan limbah yang harus dilakukan.

Teknologi pengolahan limbah yang ramah lingkungan dapat membantu untuk mengurangi jumlah dan dampak pencemaran air. Penerapan teknologi pengolahan limbah yang ramah lingkungan juga mencakup penggunaan sistem dan peralatan khusus untuk memisahkan material yang dapat didaur ulang dari limbah non daur ulang, serta pengolahan limbah organik menjadi kompos atau bahan bakar biogas. Biogas adalah bahan gas alami yang dihasilkan dari dekomposisi limbah organik. Biogas dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan dan mengurangi pencemaran air tanah. Penggunaan biogas ini membantu mengurangi dampak negatif pengolahan

limbah terhadap lingkungan (Ali, Yan, Razzaq, Khan, & Irfan, 2022).

Peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kualitas air sangatlah penting dalam menjaga keberlanjutan lingkungan dan kesehatan masyarakat. Dengan meningkatnya kesadaran masyarakat, diharapkan dapat mengurangi perilaku yang merugikan kualitas air, seperti pemborosan air, pola hidup yang merugikan ketersediaan air, dan kurangnya pengelolaan limbah yang baik. Terdapat beberapa penelitian yang menyoroti pentingnya kesadaran masyarakat akan menjaga kualitas air. Salah satu contohnya ialah penelitian di Kabupaten Lombok Barat menunjukkan bahwa kesadaran masyarakat akan keberhasilan lingkungan dan kualitas air sangat penting dalam mendukung keberhasilan usaha budidaya perikanan (Scabra & Setyowati, 2019).

1. Pengurangan. Pengurangan merupakan upaya untuk mengurangi beban pencemaran air yang telah terjadi. Upaya pengurangan ini dapat dilakukan melalui berbagai cara, misalnya rehabilitasi dan restorasi sumber daya air yang tercemar; peningkatan kapasitas pengelolaan limbah oleh industri dan masyarakat; dan pembangunan infrastruktur pengolahan limbah.
 - a. Rehabilitasi dan restorasi sumber daya air yang tercemar melibatkan upaya untuk memulihkan, mempertahankan, dan meningkatkan fungsi sumber daya air yang telah tercemar. Hal ini bertujuan untuk memulihkan kualitas air dan ekosistem air yang terganggu akibat pencemaran. Rehabilitasi sumber daya air umumnya melibatkan kegiatan seperti reboisasi, penghijauan, pemeliharaan, pengayaan tanaman, atau penerapan teknik konservasi tanah secara

vegetatif dan sipil teknis pada lahan kritis dan tidak produktif. Sementara itu, restorasi sumber daya air melibatkan upaya untuk mengembalikan, memulihkan, memperbaiki, dan membangun kembali kondisi atau bentuk sumber daya air yang tercemar agar kembali seperti kondisi awalnya.

- b. Peningkatan kapasitas pengelolaan limbah oleh industri dan masyarakat merupakan faktor penting dalam upaya menjaga kualitas lingkungan dan meningkatkan perekonomian masyarakat. Hal ini dapat dilakukan melalui pengenalan teknologi pengolahan limbah yang ramah lingkungan, pelatihan, dan edukasi mengenai pengelolaan limbah, serta fasilitasi akses pasar dan pemasaran produk yang dihasilkan (Sujana, Imansyah, Djanggu, & Priadi, 2023).
- c. Pembangunan infrastruktur pengolahan limbah melibatkan beberapa langkah penting untuk menjaga kualitas lingkungan dan meningkatkan perekonomian masyarakat. Beberapa langkah yang dapat diambil yaitu: pengembangan teknologi pengolahan limbah; peningkatan kapasitas pengelolaan limbah; pengembangan infrastruktur pengolahan limbah; pelatihan dan pendidikan; serta pengembangan kebijakan dan peraturan. Dalam upaya pembangunan infrastruktur pengolahan limbah, pentingnya kolaborasi antara pemerintah, industri, dan masyarakat untuk mencapai tujuan pengelolaan limbah yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

2. Penanggulangan. Penanggulangan merupakan upaya untuk menanggulangi dampak pencemaran air yang telah terjadi. Upaya penanggulangan ini dapat dilakukan melalui berbagai cara, misalnya pemberian peringatan kepada masyarakat yang terkena dampak pencemaran; pemantauan kualitas air secara berkala; dan penanganan dampak pencemaran, seperti pemberian bantuan kesehatan dan pemulihan lingkungan.
 - a. Pemberian peringatan kepada masyarakat yang terkena dampak pencemaran merupakan bagian penting dari upaya penanggulangan bencana. Peringatan ini bertujuan untuk memberitahu masyarakat tentang kemungkinan terjadinya bencana pencemaran air di suatu tempat. Pemberian peringatan ini dilakukan oleh lembaga yang berwenang dan harus dilakukan sesegera mungkin untuk memastikan keselamatan masyarakat. Pemberian peringatan dini juga merupakan bagian dari kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana pencemaran air. Dengan adanya peringatan dini, masyarakat dapat segera mengambil langkah-langkah untuk melindungi diri mereka sendiri dan lingkungan sekitar dari dampak buruk pencemaran air. Selain itu, pemberian informasi peringatan pencemaran lingkungan kepada masyarakat juga merupakan bagian dari penanggulangan pencemaran lingkungan hidup. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kualitas air dan lingkungan hidup, serta mengurangi perilaku yang dapat menyebabkan pencemaran.



Gambar 7.2 Alat sistem peringatan dini banjir

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/NjpXLB7Jp3XWxJfy8> (2023))

- b. Pemantauan kualitas air secara berkala merupakan kegiatan penting dalam menjaga kebersihan dan keamanan sumber daya air. Seiring dengan perkembangan teknologi, pemantauan kualitas air saat ini dapat dilakukan secara *online/realtime*. Hal ini memungkinkan pemantauan kualitas air dilakukan dalam rentang waktu yang lebih singkat, sehingga kualitas air dapat dipantau kapan saja dan di mana saja. Sistem pemantauan *online/realtime* ini juga dilengkapi dengan sensor-sensor yang mentransfer data ke *cloud service* dan dapat diakses melalui perangkat seperti *handphone* atau PC (Pahilda, 2018).
- c. Penanganan dampak pencemaran, seperti pemberian bantuan kesehatan dan pemulihan lingkungan merupakan langkah penting dalam upaya mengurangi dampak negatif dari pencemaran lingkungan. Pemberian bantuan kesehatan dapat membantu mengurangi dampak

buruk pada kesehatan manusia dan mengurangi risiko penyakit yang disebabkan oleh pencemaran lingkungan. Hal ini melibatkan pencegahan dan pengendalian penyakit yang disebabkan oleh pencemaran lingkungan, seperti penyakit menular dan malnutrisi. Sedangkan pemulihan lingkungan melibatkan upaya untuk memperbaiki dan memulihkan lingkungan yang telah tercemar. Hal ini dapat dilakukan melalui pengelolaan sampah, restorasi keberlangsungan air, dan peningkatan kualitas udara.

Daftar Pustaka

- Ali, S., Yan, Q., Razzaq, A., Khan, I., & Irfan, M. (2022). Modeling Factors of Biogas Technology Adoption: A Roadmap Towards Environmental Sustainability and Green Revolution. *Environmental Science and Pollution Research*, 11838-11860.
- Anonim. (2007). Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana.
- Anonim. (2009). Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Asia, B. P. (2023). Pengertian Pencemaran Air, Penyebab, Dampak, dan Cara Mengatasinya. Jakarta, Indonesia.
- Pahilda, W. R. (2018). Pemantauan Kualitas Air Sungai. Bandung, Jawa Barat, Indonesia.
- Scabra, A. R., & Setyowati, D. N. (2019). Peningkatan Mutu Kualitas Air untuk Pembudidaya Ikan Air Tawar di Desa Gegerung Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Abdi Insani*, 267-275.
- Suasono, E., Linardi, A., Yudinata, M. V., Hasibuan, F. J., Yunizar, D., & Yohana, S. (2023). The Effectiveness of Plastic Waste Management Based on The Legal System in Indonesia. *Dialogia Iuridica*, 38-58.
- Sujana, I., Imansyah, F., Djunggu, N. H., & Priadi, E. (2023). Peningkatan Kapasitas Teknologi Pengolahan Buah Pinang dan Limbah Tanaman Pinang pada Masyarakat Desa Sungai Kupah. *Jurnal Pengabdian*, 65-78.
- Widianto, E. (2023). Macam-Macam Parameter Kualitas Air dan Pengertiannya. Bandung, Jawa barat, Indonesia.

Profil Penulis



Kemala Hadidjah, S.T., M.Si.

Pengalaman kerja penulis diawali dengan menjadi asisten dosen untuk mata kuliah Transportasi Sedimen pada tahun 2003 di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Setelah lulus jenjang magister S2 Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan Pembangunan tahun 2008 di Universitas Brawijaya Malang, penulis mengabdikan diri menjadi dosen di Politeknik Pertanian Negeri Samarinda pada tahun 2010. Untuk memperdalam ilmu, penulis aktif sebagai peneliti. Selain itu, penulis berusaha untuk dapat memberikan kontribusi yang positif bagi negara yang tercinta dengan cara membuat berbagai tulisan.

Saat ini penulis menjadi salah satu anggota senat di Politeknik Pertanian Negeri Samarinda serta menjabat sebagai Ketua Program Studi Pengelolaan Lingkungan, dan menduduki posisi sebagai bendahara di Komite Sekolah SMP Islamic Center Samarinda. Selain berorganisasi, penulis juga aktif menulis jurnal dan karya ilmiah. Penulis memiliki hak cipta di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra dengan luaran berupa buku yang berjudul Pengantar Ilmu Lingkungan. HaKI ini diterbitkan Tahun 2020 oleh Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia berdasarkan nomor permohonan EC00202007137. Pengelolaan Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman di Lahan marginal adalah buku kedua yang ditulis. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan *book chapter*.

Email Penulis : kemala.hadidjah@politisanisamarinda.ac.id

PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN

Hilda Alkatiri, ST., MT.
Universitas Khairun

Pengelolaan lingkungan hidup merupakan suatu hal yang sangat penting dalam menjaga keberlanjutan bumi. Lingkungan hidup yang sehat dan lestari adalah kunci bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya di planet ini. Namun, dalam beberapa dekade terakhir, manusia telah melakukan berbagai kegiatan yang merusak lingkungan hidup, seperti penebangan liar, pencemaran air dan udara, serta penggunaan bahan-bahan kimia berbahaya.

Dasar Hukum Pengelolaan Lingkungan di Indonesia

Dasar hukum tentang pengelolaan lingkungan di Indonesia terdapat dalam beberapa peraturan perundang-undangan, diantaranya:

1. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
2. Undang-Undang RI Nomor 24 Tahun 1992 tentang Penataan Ruang
3. Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah

4. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan pengendalian Pencemaran Air
5. Peraturan Pemerintah No 74 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun
6. Keputusan Presiden RI Nomor 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung
7. Keputusan Menteri Negara LH Nomor 08 Tahun 2006 tentang Pedoman Penyusunan AMDAL
8. Keputusan Menteri Negara LH Nomor 03 Tahun 2013 tentang Audit Lingkungan Hidup
9. Keputusan Menteri Negara LH Nomor Kep-45/MENLH/10/1997 tentang Indeks Standar Pencemaran Udara
10. Keputusan Menteri Negara LH Nomor 04 Tahun 2001 tentang Kriteria Kerusakan Terumbu Karang
11. Keputusan Menteri Negara LH Nomor 179 Tahun 2004 tentang Ralat atas Kepmen LH No 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air laut
12. Keputusan Menteri Negara LH Nomor 45 Tahun 2005 tentang Pedoman Penyusunan Rencana Pengelolaan Lingkungan (RKL) dan Rencana Pemantauan Lingkungan (RPL)
13. Peraturan Menteri Negara LH Nomor 08 Tahun 2006 tentang Pedoman Penyusunan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup
14. Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2012 tentang Penyelenggaraan Keberlanjutan Energi.

15. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.02/MENLHK/Setjen/KUM.1/6/2018 tentang Tata Cara Penyelenggaraan Penilaian Dampak Lingkungan
16. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.09/MENLHK/Setjen/KUM.1/5/2019 tentang Tata Cara Penyelenggaraan Penilaian Dampak Lingkungan Kegiatan Usaha dan/atau Kegiatan yang Berpotensi Mengakibatkan Penambahan Emisi Gas Rumah Kaca.
17. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Tinjauan Teoritis

Ekosistem

Istilah ekosistem pertama kali diperkenalkan oleh A.G Tansley seorang ahli ekologi berkebangsaan Inggris. Ekosistem adalah suatu sistem yang saling terkait antara organisme hidup dan organisme tak hidup atau lingkungan fisiknya. Sedangkan Odum (1971) mendefinisikan ekosistem sebagai setiap unit yang mencakup semua organisme (komunitas) di area tertentu yang saling berinteraksi dengan lingkungannya sehingga terjadi aliran energi di dalamnya. Dalam pengertiannya secara eksplisit dapat dikatakan bahwa aliran energi memegang peranan penting dalam suatu sistem ekosistem dimana aliran energi sebagai pengendali dalam ekosistem. Otto Soemarwoto (1983) menjelaskan ekosistem yaitu suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Tingkatan organisasi ini sendiri dikatakan sebagai suatu sistem karena memiliki komponen-

komponen dengan fungsi berbeda yang terkoordinasi secara baik sehingga masing-masing komponen terjadi hubungan timbal balik. Hubungan timbal balik terwujudkan dalam rantai makanan serta jaring makanan yang pada setiap proses ini terjadi aliran energi dan siklus materi. Secara umum ekosistem diartikan sebagai suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya.

Ekologi

Ekologi adalah ilmu pengetahuan tentang hubungan antara organisme dan lingkungannya. Istilah ini pertama kali dikemukakan Reiter pada tahun 1865. Kata ini merupakan fokus mendasar dari ekologi yang membedakannya dari ilmu-ilmu biologi lainnya. Menurut N.H.T. Siahaan dalam buku Hukum Lingkungan dan Ekologi Pembangunan (2004), ekologi merupakan cabang ilmu pengetahuan yang mencari tahu hubungan organisme atau makhluk hidup dengan lingkungan sekitarnya. Dapat dikatakan ilmu yang mempelajari tentang hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya adalah ekologi. Secara etimologis, ekologi berasal dari Bahasa Yunani, yakni ***oikos*** dan ***logos***. ***Oikos*** berarti “rumah atau habitat” dan ***logos*** berarti “ilmu pengetahuan”. Maka dapat diartikan jika ekologi ialah cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari rumah atau habitat. Dalam Bahasa Inggris, ekologi dikenal sebagai ***ecology***. Dilansir dari *The Ecological Society of America*, ilmu ekologi berusaha memahami pentingnya hubungan antara makhluk hidup dengan lingkungan sekitarnya, termasuk manfaat ekosistem untuk makhluk hidup.

Ruang Lingkup Ekologi

Dalam diktat berjudul Pengertian, Ruang Lingkup Ekologi dan Ekosistem karya Suyud Warno Utomo, dkk (2012), ruang lingkup biologi diawali dengan tingkatan yang paling bawah, yakni individu hingga ke tingkatan teratas, yaitu biosfer. Jika diurutkan, maka ruang lingkup ekologi meliputi individu atau organisme, populasi, komunitas, ekosistem dan biosfer. Berikut penjelasannya:

1. Organisme merupakan benda hidup atau makhluk hidup.
2. Populasi merupakan kumpulan organisme yang sejenis dan hidup di suatu daerah tertentu.
3. Komunitas merupakan kumpulan populasi dari berbagai jenis organisme yang berkumpul di suatu daerah tertentu.
4. Ekosistem merupakan hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungan sekitarnya (baik makhluk hidup ataupun yang tidak hidup), sehingga membentuk sistem ekologi.
5. Bioma merupakan suatu area tanah yang luas dan diklasifikasikan berdasarkan iklim, serta tumbuhan dan hewan yang mendiami wilayah tersebut. Bioma mengandung banyak ekosistem dalam area yang sama.
6. Biosfer merupakan lapisan bumi dimana ekosistem berada. Kira-kira letak biosfer mencakup 900 meter di atas permukaan bumi, beberapa meter di bawah permukaan tanah dan beberapa ribu meter di bawah permukaan laut.

Lingkungan

Secara sederhana, lingkungan didefinisikan sebagai segala sesuatu yang ada di sekeliling atau sekitar kita. Dalam hal ini, “**sesuatu**” yang dimaksud dapat berbentuk makhluk hidup maupun makhluk mati, kasat mata, ataupun tidak nampak mata. Otto Soemarwoto (1983) mendefinisikan lingkungan atau lingkungan hidup merupakan segala sesuatu yang ada pada setiap makhluk hidup atau organisme dan berpengaruh pada kehidupannya. Sebagai contoh pada hewan seperti kucing, segala sesuatu di sekeliling kucing dan berpengaruh pada kelangsungan hidupnya maka itulah lingkungan hidup bagi kucing. Demikian juga pada manusia, segala sesuatu yang berada di sekeliling manusia yang berpengaruh pada kelangsungan hidupnya itulah lingkungan hidup manusia (Soemarwoto, 1983).

Menurut Emil Salim (1990), lingkungan hidup adalah segala benda, kondisi, keadaan dan pengaruh yang terdapat dalam ruangan yang kita tempati dan mempengaruhi hal yang hidup termasuk kehidupan manusia. Sedangkan definisi lingkungan hidup menurut Undang-Undang Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menyatakan bahwa “**lingkungan hidup** adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan dan makhluk hidup termasuk manusia dan perilakunya yang memengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain”. Dengan demikian definisi-definisi mengenai lingkungan hidup tersebut terdapat kesamaan yang menyebutkan mengenai pengaruh; mempengaruhi hidup. Jadi dapat disimpulkan bahwa lingkungan atau lingkungan hidup adalah segala sesuatu (benda, keadaan, situasi) yang berada di sekeliling dari makhluk hidup yang

mempengaruhi kehidupannya (sifat, pertumbuhan dan persebaran).

Jenis-Jenis Lingkungan Hidup

1. Lingkungan Hidup Alami

Lingkungan hidup alami merupakan lingkungan bentukan alam yang terdiri atas berbagai sumber alam dan ekosistem dengan komponen-komponennya, baik fisik, biologis. Lingkungan hidup alami bersifat dinamis karena memiliki tingkat heterogenitas organisme yang sangat tinggi.

2. Lingkungan Hidup Binaan/Buatan

Lingkungan hidup binaan/buatan mencakup lingkungan buatan manusia yang dibangun dengan bantuan atau masukan teknologi, baik teknologi sederhana maupun teknologi modern. Lingkungan hidup binaan/buatan bersifat kurang beraneka ragam karena keberadaannya selalu diselaraskan dengan kebutuhan manusia.

3. Lingkungan Hidup Sosial

Lingkungan hidup sosial terbentuk karena adanya interaksi sosial dalam masyarakat. Lingkungan hidup sosial ini dapat membentuk lingkungan hidup binaan tertentu yang bercirikan perilaku manusia sebagai makhluk sosial. Hubungan antara individu dan masyarakat sangat erat dan saling mempengaruhi serta saling bergantung

Berkelanjutan

Berkelanjutan atau **sustainability** berarti suatu usaha yang dapat memelihara pada suatu saat atau tahap

seperti yang diharapkan. Usaha keberlanjutan adalah suatu usaha yang memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri. Sedangkan pengelolaan lingkungan berkelanjutan dapat didefinisikan segala sesuatu yang berada di sekeliling makhluk hidup yang mempengaruhi kehidupannya dengan kondisi yang terus terjaga kelestariannya secara alami maupun dengan sentuhan tangan manusia tanpa batasan waktu. Lingkungan berkelanjutan juga dapat diartikan sebagai bagaimana pemenuhan kebutuhan sumber daya yang ada untuk generasi masa kini hingga masa depan tanpa mengorbankan kesehatan ekosistem yang menyediakannya.

Menurut Brundtland (1987), pembangunan berkelanjutan adalah proses pembangunan (masyarakat, bisnis, kota, lahan dan lain-lain) yang berprinsip “memenuhi kebutuhan sekarang tanpa mengorbankan pemenuhan kebutuhan generasi masa depan”. Fauzi (2004) mengembangkan lebih lanjut konsep berkelanjutan ini dengan mengajukan lima alternatif pengertian:

1. Suatu kondisi dikatakan berkelanjutan jika utilitas yang diperoleh masyarakat tidak berkurang sepanjang waktu dan konsumsi tidak menurun sepanjang waktu.
2. Keberlanjutan adalah kondisi dimana sumber daya alam dikelola sedemikian rupa untuk memelihara kesempatan produksi dimasa mendatang
3. Keberlanjutan adalah kondisi dimana sumber daya alam tidak berkurang sepanjang waktu.
4. Keberlanjutan adalah kondisi dimana sumber daya alam dikelola untuk memepertahankan produksi jasa sumber daya alam.

5. Keberlanjutan adalah kondisi dimana keseimbangan dan daya tahan ekosistem yang terpenuhi.

Menurut Supriatna (2021) konsep keberlanjutan dapat diperinci menjadi tiga aspek pemahaman:

1. Sistem keberlanjutan secara lingkungan harus mampu memelihara sumber daya yang stabil dan menghindari eksploitasi sumber daya alam dan fungsi penyerapan lingkungan. konsep ini menyangkut pemeliharaan keanekaragaman hayati, stabilitas ruang udara, dan fungsi ekosistem lainnya yang tidak termasuk kategori sumber-sumber ekonomi.
2. Keberlanjutan ekonomi diartikan sebagai pembangunan yang mampu menghasilkan barang dan jasa secara kontinyu untuk memelihara keberlanjutan pemerintahan dan menghindari terjadinya ketidakseimbangan sektoral yang dapat merusak produksi pertanian dan industri
3. Keberlanjutan sosial diartikan sebagai sistem yang mampu mencapai kesetaraan penyediaan layanan sosial, termasuk kesehatan, pendidikan, gender dan akuntabilitas politik.

Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan

Pengelolaan lingkungan hidup secara berkelanjutan adalah pendekatan yang mengintegrasikan kebijakan, praktik, dan tindakan dalam upaya untuk memelihara dan meningkatkan kesehatan lingkungan, serta memenuhi kebutuhan manusia saat ini tanpa mengorbankan kebutuhan generasi mendatang. Menurut UU No. 32 Tahun 2009 Pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan,

pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum. Definisi lain untuk pengelolaan lingkungan adalah sebagai usaha secara sadar untuk memelihara atau memperbaiki mutu lingkungan agar kebutuhan kita dapat terpenuhi sebaik-baiknya (Soemarwoto, 1994). Dengan demikian, pengelolaan lingkungan merupakan upaya terpadu pelestarian lingkungan yang meliputi berbagai upaya mulai dari pengalokasian dan pemanfaatan lingkungan hingga pemulihan lingkungan.

Tujuan utama dari pengelolaan lingkungan hidup secara berkelanjutan adalah menciptakan keseimbangan antara pembangunan ekonomi, perlindungan lingkungan, dan kesejahteraan sosial. Salah satu aspek penting dari pengelolaan lingkungan hidup secara berkelanjutan adalah penggunaan sumber daya alam yang bijaksana. Sumber daya alam seperti air, tanah, hutan, dan energi adalah elemen penting dalam kehidupan manusia. Namun, penggunaan yang berlebihan dan tidak bertanggung jawab terhadap sumber daya ini dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan yang tidak dapat diperbaiki. Oleh karena itu, penting untuk mengelola sumber daya alam dengan cara yang berkelanjutan, yaitu dengan mempertimbangkan keberlanjutan ekologis, ekonomi, dan sosial. Selain memperhatikan aspek-aspek tersebut, pengelolaan lingkungan hidup secara berkelanjutan juga melibatkan partisipasi aktif masyarakat dan pemangku kepentingan lainnya. Tanpa dukungan dan partisipasi semua pihak, upaya untuk mencapai pengelolaan lingkungan hidup secara berkelanjutan akan sulit terwujud. Oleh karena itu, penting untuk melibatkan masyarakat dalam pengambilan keputusan, meningkatkan kesadaran akan pentingnya lingkungan hidup, dan mengedukasi masyarakat tentang praktik-praktik yang ramah lingkungan.

Prinsip Lingkungan Berkelanjutan

Pembangunan berkelanjutan memiliki prinsip-prinsip dalam menekankan kelestarian, diantaranya:

1. Melindungi sistem penunjang kehidupan
2. Melindungi dan meningkatkan keanekaragaman biotik
3. Memelihara atau meningkatkan integritas ekosistem, serta mengembangkan dan menerapkan ukuran-ukuran rehabilitasi untuk ekosistem yang sangat rusak
4. Mengembangkan dan menerapkan strategi yang preventif dan adaptif untuk menanggapi ancaman perubahan lingkungan global.

Ruang Lingkup Lingkungan Berkelanjutan

Mewujudkan lingkungan berkelanjutan bertujuan untuk meningkatkan secara total kualitas hidup, baik masa sekarang maupun untuk masa depan, dengan memperhatikan tidak hanya ekologis saja, namun juga berbagai hal lain berupa sosial dan ekonomi. Ketiga hal ini, ekologis, sosial dan ekonomi harus diintegrasikan dengan baik untuk mencapai lingkungan yang berkelanjutan. Lingkup lingkungan berkelanjutan dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Lingkungan sosial dan ekonomi: Menghasilkan apa yang dibutuhkan untuk generasi masa depan untuk menjaga keberlanjutan. Merancang produk yang berperan dalam keberlanjutan ekonomi
2. Lingkungan hidup: Memelihara keanekaragaman hayati dari sumber daya alam. Bertanggung jawab dalam penggunaan sumber daya berkelanjutan dengan penggunaan energi yang efisien, menjaga

tingkat panen dengan tidak melebihi tingkat regenerasi.

Keberlanjutan Lingkungan Ekologis

Keberlanjutan lingkungan ekologi dapat diartikan sebagai kemampuan untuk mempertahankan keseimbangan lingkungan ekologis, menjaga kualitas udara dan air yang baik, serta meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan ekologis. Keberlanjutan ekologis juga berkaitan dengan pelestarian sumber daya alam, konservasi keanekaragaman hayati, dan penggunaan energi terbarukan. Pentingnya keberlanjutan lingkungan ekologis menjadi semakin jelas dengan meningkatnya perhatian terhadap masalah lingkungan global seperti perubahan iklim, penipisan lapisan ozon, dan polusi.

Keberlanjutan Lingkungan Ekonomi

Keberlanjutan ekonomi dapat berfokus pada pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dan bertanggung jawab, dengan memperhatikan efisiensi, inovasi dan kualitas hidup. Keberlanjutan ekonomi dapat dicapai melalui pengembangan industri yang berkelanjutan, menciptakan lapangan kerja yang layak, dan pengembangan pasar yang bertanggung jawab. Pentingnya keberlanjutan ekonomi terletak pada kebutuhan untuk menjaga pertumbuhan ekonomi yang sering mengurangi kesenjangan ekonomi, dan mengembangkan industri yang ramah lingkungan (Susiana, 2015).

Keberlanjutan Lingkungan Sosial

Keberlanjutan sosial mengacu pada pemerataan kesejahteraan sosial, meliputi hak asasi manusia, kesehatan, pendidikan, dan keadilan sosial. Keberlanjutan sosial juga berfokus pada membangun

masyarakat yang inklusif, berpartisipasi, dan terlibat dalam pembangunan berkelanjutan. Pentingnya keberlanjutan sosial terletak pada pentingnya keadilan dan kesejahteraan sosial dalam mencapai pembangunan yang berkelanjutan. Keadilan sosial dan hak asasi manusia harus diakui dan dihormati untuk mencapai tujuan ini. Pembangunan yang berkelanjutan harus memperhitungkan kebutuhan sosial dan kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan.

Ketiga pilar keberlanjutan saling terkait dan saling mempengaruhi. Sebagai contoh, dalam konteks keberlanjutan, sebuah kebijakan yang hanya mempertimbangkan aspek ekonomi tanpa memperhatikan dampak ekologis dan sosial, dapat mempercepat pertumbuhan ekonomi, tetapi dapat mengorbankan keseimbangan alam dan kesejahteraan masyarakat. Sebaliknya, kebijakan yang hanya mempertimbangkan aspek lingkungan/ekologis dan sosial tanpa memperhatikan aspek ekonomi, dapat memperbaiki kondisi lingkungan/ekologis dan sosial, tetapi dapat memperlambat pertumbuhan ekonomi dan kemajuan masyarakat.

Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) adalah upaya sadar dan terencana yang memadukan aspek lingkungan hidup, sosial, dan ekonomi ke dalam strategi pembangunan untuk menjamin keutuhan lingkungan hidup serta keselamatan, kemampuan, kesejahteraan dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan. Pemanfaatan sumber daya alam harus memperhatikan daya dukung lingkungan dan daya tampung lingkungan. Daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung perikehidupan manusia, makhluk hidup lain, dan

keseimbangan antarkeduanya. Sedangkan daya tampung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk menyerap zat, energi, dan/atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan ke dalamnya. Eksploitasi yang berlebihan terhadap lingkungan hidup melebihi daya dukung dan daya tampunya akan menyebabkan gangguan terhadap kehidupan (Firman dan Alkatiri, 2021).

Kesimpulan

Kesimpulan dari bab 8 pengelolaan lingkungan berkelanjutan ini adalah sebagai berikut:

1. Ruang lingkup ekosistem meliputi organisme, populasi, komunitas, ekosistem, bioma, dan biosfer.
2. Mewujudkan lingkungan berkelanjutan bertujuan untuk meningkatkan kualitas hidup, baik pada masa sekarang maupun untuk masa depan, dengan memperhatikan kondisi ekologis, sosial, dan ekonomi.
3. Pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) adalah upaya sadar dan terencana yang memadukan aspek lingkungan hidup, sosial, dan ekonomi ke dalam strategi pembangunan untuk menjamin keutuhan lingkungan hidup serta keselamatan, kemampuan, kesejahteraan dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan.

Daftar Pustaka

- Brundtland, R. (1987). *Our Common Future* (Oxford, ed.). Oxford University Press.
- Fauzi, A. (2004). *Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Teori dan Aplikasi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Firman & Alkatiri, H. (2021). *Buku Ajar Pengantar Lingkungan*. Deepublish, Yogyakarta. https://www.researchgate.net/publication/362645141_Buku_Ajar_Pengantar_Lingkungan.
- Odum, E. (1971). *Fundamental of Ecology*. W.B. Saunders Company. Philadelphia.
- Salim, E. (1990). *Konsep Pembangunan Berkelanjutan*. Jakarta
- Siahaan, N.H.T. (2004). *Hukum Lingkungan dan Ekologi Pembangunan*. Erlangga. Jakarta.
- Soemarwoto, O. (1983). *Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Djambatan. Jakarta.
- Soemarwoto, O. (1994). *Analisis Dampak Lingkungan*, Cetakan ke-6. Djambatan. Jakarta.
- Supriatna, J. (2021). *Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*. Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Susiana, S. (2015). *Pembangunan Berkelanjutan: Dimensi Sosial, Ekonomi, dan Lingkungan*. P3DI Setjen DPR.
- Utomo, S. W., Sutriyono, I., & Rizal, R. (2012). *Pengertian, Ruang Lingkup Ekologi dan Ekosistem*. Universitas Terbuka. Jakarta.

Profil Penulis



Hilda Alkatiri, ST., MT.

Penulis di lahirkan di Dofa pada tanggal 17 Oktober 1984. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi S1 Teknik Pertambangan Universitas Khairun Ternate. Menyelesaikan pendidikan dasar dan sekolah menengah pertama di Dofa Kep Sula, pada tahun 2002 tamat SMA Negeri 5 Kota Ternate dan melanjutkan Pendidikan sarjana ke Universitas Muhammadiyah Ternate dengan jurusan teknik pertamabngan, lulus pada tahun 2007. Pada tahun 2012 penulis melanjutkan Pendidikan Magister di UPN 'Veteran' Yogyakarta dengan jurusan teknik pertambangan konsentrasi lingkungan tambang, lulus pada tahun 2014. Mulai berkarir di Universitas Khairun Ternate pada Tahun 2017 sampai sekarang. Pengalaman organisasi pernah menjabat ketua bidang lingkungan pertambangan periode 2019-2021 dan ketua bidang Civitas Akademika dan Perusahaan pada Perhimpunan Akhli Pertambangan Indonesia (PERHAPI) Perwakilan Maluku Utara, serta menjadi anggota kepanitiaian di beberapa acara kampus.

Email Penulis: hildaenvironment@gmail.com

PERUBAHAN IKLIM DAN BENCANA HIDROMETEROLOGI

Dr. Nikodemus P. P. E. Nainiti, STP., MP.
Universitas Kristen Artha Wacana Kupang

Pendahuluan

Akhir-akhir ini pembicaraan soal perubahan iklim menjadi perhatian dunia baik lewat seminar, lokakarya, penelitian dan pengabdian oleh berbagai pemerintah, LSM, maupun Universitas/PT di berbagai negara termasuk di Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan iklim secara holistik berpengaruh terhadap semua segi bagi kehidupan manusia.

Perkembangan pembangunan dan penambahan penduduk dunia dan aktivitasnya merupakan faktor pemicu perubahan iklim global. Seperti adanya perkembangan di sektor industri, pertanian, otomotif maupun aktivitas lainnya yang ikut meningkatkan adanya emisi atau efek rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global dan pada akhirnya menyebabkan terjadi perubahan iklim.

Perubahan iklim dan cuaca ekstrim sangat terkait dengan adanya bencana hidrometeorologi. Indonesia sering mengalami perubahan iklim dan cuaca secara mendadak dan ekstrim. Dampaknya seperti kemarau panjang menyebabkan kekeringan, hingga hujan lebat dalam

periode lama sehingga menyebabkan adanya kelebihan air yang bisa menyebabkan bencana banjir dan tanah longsor.

Pemanasan global tidak lepas dari kontribusi manusia yang berdampak terhadap perubahan iklim. Misalnya, debu sebagai produk sampingan dari pertanian. Pembakaran biomassa yang menghasilkan campuran organik tetesan dan partikel jelaga. Proses industri yang menghasilkan berbagai macam aerosol. Emisi gas buangan dari berbagai jenis transportasi yang digunakan manusia (Shahzad & Riphah, 2012).

Bencana hidrometeorologi adalah bencana yang diakibatkan oleh aktivitas cuaca seperti siklus hidrologi, curah hujan, temperatur, angin dan kelembapan. Bentuk bencana hidrometeorologi berupa kekeringan, banjir, badai, kebakaran hutan, longsor, angin puyuh, gelombang dingin, hingga gelombang panas.

Bencana hidrometeorologi di Indonesia juga dipengaruhi oleh fenomena La Nina dan El Nino. El Nino berpengaruh terhadap kekeringan di Indonesia karena dengan adanya angin ini curah hujan di sekitar Indonesia menjadi berkurang dan terkadang menyebabkan kekeringan panjang. Sebaliknya, La Nina yang berpengaruh terhadap curah hujan tinggi di Indonesia dan menyebabkan kota, daerah yang tidak memiliki resapan yang bagus akan terkena banjir. La Nina bisa mengakibatkan cuaca ekstrim karena bersamaan dengan gelombang MJO (Madden Julian Oscillation). La Nina ini terjadi di periode awal musim hujan Indonesia dan bisa meningkatkan jumlah curah hujan di sebagian besar wilayah dengan dampak yang tidak seragam (Nugroho, 1916).

Perubahan Iklim

Salah satu hal yang dapat mendorong potensi terjadinya bencana hidrometeorologi ini adalah iklim. Waktu peralihan musim semakin sulit untuk dideteksi karena adanya pemanasan global yang mengubah intensitas curah hujan (Jayadi, 2009). Terdapat dua unsur iklim yang umum dijadikan sebagai parameter perubahan iklim yaitu suhu udara dan curah hujan.

Perubahan iklim disebabkan oleh emisi gas-gas yang menahan dan menyimpan panas terutama karbondioksida (CO₂) hasil pembakaran pada kendaraan bermotor, industri, pembangkit listrik dan pengundulan hutan. Ketika gas menumpuk dan berperan sebagai selimut tebal yang membuat bumi kepanasan dan mengubah iklim serta mengancam kesehatan, ekonomi dan lingkungan hidup kita (Nugroho, 2016). Perubahan iklim merupakan sintesis kejadian cuaca selama kurun waktu yang panjang, yang secara statistik cukup dapat dipakai untuk menunjukkan nilai statistik yang berbeda dengan keadaan pada setiap saatnya (World Climate Conference, 1979).

Adapun definisi perubahan iklim adalah berubahnya kondisi fisik atmosfer bumi antara lain suhu dan distribusi curah hujan yang membawa dampak luas terhadap berbagai sektor kehidupan manusia (Kementerian Lingkungan Hidup, 2001). Perubahan fisik ini tidak terjadi hanya sesaat tetapi dalam kurun waktu yang panjang. LAPAN (2002) mendefinisikan perubahan iklim adalah perubahan rata-rata salah satu atau lebih elemen cuaca pada suatu daerah tertentu. Sedangkan istilah perubahan iklim skala global adalah perubahan iklim dengan acuan wilayah bumi secara keseluruhan. IPCC (2001) menyatakan bahwa perubahan iklim merujuk pada variasi rata-rata kondisi iklim suatu tempat atau

pada variabilitasnya yang nyata secara statistik untuk jangka waktu yang panjang (biasanya dekade atau lebih). Selain itu juga diperjelas bahwa perubahan iklim mungkin karena proses alam internal maupun ada kekuatan eksternal, atau ulah manusia yang terus menerus merubah komposisi atmosfer dan tata guna lahan.

Istilah perubahan iklim sering digunakan secara tertukar dengan istilah 'pemanasan global', padahal fenomena pemanasan global hanya merupakan bagian dari perubahan iklim, karena parameter iklim tidak hanya temperatur saja, melainkan ada parameter lain yang terkait seperti presipitasi, kondisi awan, angin, maupun radiasi matahari. Pemanasan global merupakan peningkatan rata-rata temperatur atmosfer yang dekat dengan permukaan bumi dan di troposfer, yang dapat berkontribusi pada perubahan pola iklim global. Pemanasan global terjadi sebagai akibat meningkatnya jumlah emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer. Naiknya intensitas efek rumah kaca yang terjadi karena adanya gas dalam atmosfer yang menyerap sinar panas yaitu sinar infra merah yang dipancarkan oleh bumi menjadikan perubahan iklim global (Nugroho, 2016).

Meskipun pemanasan global hanya merupakan 1 bagian dalam fenomena perubahan iklim, namun pemanasan global menjadi hal yang penting untuk dikaji. Hal tersebut karena perubahan temperatur akan memberikan dampak yang signifikan terhadap aktivitas manusia. Perubahan temperatur bumi dapat mengubah kondisi lingkungan yang pada tahap selanjutnya akan berdampak pada tempat dimana kita dapat hidup, apa tumbuhan yang kita makan dapat tumbuh, bagaimana dan dimana kita dapat menanam bahan makanan, dan organisme apa yang dapat mengancam. Ini artinya bahwa pemanasan global akan mengancam kehidupan manusia secara menyeluruh.

Studi perubahan iklim melibatkan analisis iklim masa lalu, kondisi iklim saat ini, dan estimasi kemungkinan iklim di masa yang akan datang (beberapa dekade atau abad ke depan). Hal ini tidak terlepas juga dari interaksi dinamis antara sejumlah komponen sistem iklim seperti atmosfer, hidrofer (terutama lautan dan sungai), kriosfer, terestrial dan biosfer, dan pedosfer. Dengan demikian, dalam studi-studi mengenai perubahan iklim dibutuhkan penilaian yang terintegrasi terhadap sistem iklim atau sistem bumi.

Fenomena pemanasan global yang mengakibatkan perubahan iklim berdampak terjadinya perubahan sosial atau kependudukan dan budaya. Berbagai kajian sosial menemukan bahwa pola hubungan sosial berkaitan sangat erat dengan pola iklim.

Pemanasan global terjadi akibat akumulasi gas rumah kaca (GRK) di lapisan atmosfer memantulkan panas matahari kembali ke bumi sehingga bumi menjadi panas. Akumulasi gas rumah kaca (GRK) terdiri dari karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitrooksida (N₂O), klorofluorokarbon (CFCs), halon (CBrF₃) dan ozon (O₃). Karbondioksida merupakan gas rumah kaca (GRK) terbanyak di atmosfer bumi. Kegiatan manusia modern yang memanfaatkan bahan bakar fosil secara masif telah menghasilkan gas karbon dioksida yang sangat besar dan memicu pemanasan global.

Pemanasan global mengakibatkan perubahan iklim dan kenaikan frekwensi maupun intensitas kejadian cuaca ekstrim. IPCC menyatakan bahwa pemanasan global dapat menyebabkan terjadi perubahan yang signifikan dalam sistem fisik dan biologis seperti peningkatan intensitas badai tropis, perubahan pola presipitasi, salinitas air laut, perubahan pola angin, mempengaruhi masa reproduksi hewan dan tanaman, distribusi spesies dan ukuran populasi, frekuensi serangan hama dan wabah penyakit,

serta mempengaruhi berbagai ekosistem yang terdapat di daerah dengan garis lintang yang tinggi (termasuk ekosistem di daerah Artuka dan Antartika), lokasi yang tinggi, serta ekosistem-ekosistem pantai.

Jika tidak ada upaya yang sistematis dan terintegrasi untuk meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim dan perbaikan kondisi lingkungan lokal dan global mulai dari sekarang, maka dampak yang ditimbulkan akibat adanya perubahan iklim ke depan akan semakin besar dan lebih lanjut akan berdampak pada sulitnya mencapai sistem pembangunan yang berkelanjutan. Penanganan masa perubahan iklim dalam konteks pembangunan membutuhkan manajemen perubahan iklim secara efektif, dan pada saat bersamaan mengantisipasi dampak perubahan iklim global jangka panjang secara komprehensif. Juga membutuhkan pendekatan lintas sektor baik pada tingkat nasional, regional maupun lokal. Dalam menghadapi perubahan iklim, peningkatan ketahanan sistem dalam masyarakat untuk mengurangi resiko bahaya perubahan iklim dilakukan melalui upaya adaptasi dan mitigasi.

Adaptasi merupakan tindakan penyesuaian sistem alam dan sosial untuk menghadapi dampak negatif dari perubahan iklim. Namun upaya tersebut akan sulit memberi mandat secara efektif apabila laju perubahan iklim melebihi kemampuan beradaptasi. Oleh karena itu, adaptasi harus diimbangi dengan mitigasi, yaitu upaya mengurangi sumber maupun peningkatan rosot (penyerap) gas rumah kaca, agar supaya proses pembangunan tidak terhambat dan tujuan pembangunan berkelanjutan dapat tercapai. Dengan demikian, generasi yang akan datang tidak terbebani oleh ancaman perubahan iklim secara lebih berat.

Nugroho (2016) mengemukakan beberapa komponen utama kegiatan adaptasi perubahan iklim meliputi:

1. Atribusi komponen perubahan iklim terhadap kegiatan sosial ekonomi dan biosfer.
2. Kajian dan studi dampak.
3. Kerenyangan terhadap perubahan iklim.
4. Kapasitas adaptasi dan kajian ketahanan terhadap perubahan iklim

Apabila langkah adaptasi dilakukan secara baik dan benar maka dapat mengurangi dampak resiko perubahan iklim, serta berpeluang diambil langkah optimal memanfaatkan informasi iklim.

Pengertian perubahan iklim menurut berbagai sumber:

1. UU tahun 2009, perubahan iklim adalah berubahnya iklim yang diakibatkan langsung atau tidaklangsun oleh aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan komponen atmosfer secara global serta perubahan variabilitas iklim alamiah yang teramati pada kurun waktu yang dibandingkan.
2. Pemahaman petani, perubahan iklim adalah terjadinya musim hujan dan kemarau yang sering tidak menentu sehingga dapat mengganggu kebiasaan petani (pola tanam) dan mengancam hasil panen.
3. Pemahaman nelayan, perubahan iklim adalah susahya membaca tanda-tanda alam (angin, suhu, astronomi, biota dan arus laut) karena terjadi perubahan dari kebiasaan sehari-hari sehingga susah memprediksi daerah, waktu dan jenis tangkapan.
4. Masyarakat umum, perubahan iklim adalah ketidakteraturan musim.

Indikasi Perubahan Iklim

Perubahan iklim terjadi secara global namun dirasakan bervariasi secara lokal. Indikator utama perubahan iklim terkait langsung dengan suhu, curah hujan, angin, kelembaban, tutupan awan, dan penguapan (evaporasi).

Semua indikator tersebut dapat ditentukan dengan pasti apabila didukung oleh ketersediaan data untuk mengetahui sebuah gejala perubahan iklim dalam kurun waktu yang lama. Berdasarkan definisi baku IPCC maka penilaian perubahan iklim didasarkan pada perubahan di atas 30 tahun. Sehingga dibutuhkan ketersediaan data yang bersifat kontinyu untuk penilaian perubahan iklim. Hal ini membuat betapa tidak mudahnya menjelaskan adanya perubahan iklim. Namun demikian ada empat indikator yang dapat digunakan untuk menjelaskan adanya perubahan iklim. Keempat indikator tersebut dapat dijelaskan berikut ini.

1. Perubahan Suhu Daratan.

Perubahan suhu daratan meliputi suhu rata-rata, suhu maksimum dan suhu minimum (harian/bulanan). Suhu daratan harian menggambarkan perubahan pola siang dan malam juga sirkulasi angin darat dan laut maupun angin gining dan lembah. Suhu daratan bulanan menggambarkan perubahan pola suhu musiman yang berhubungan dengan suhu di laut

2. Peningkatan Curah Hujan Ekstrim.

Peningkatan curah hujan ekstrim konsekuensi yang timbul karena adanya perubahan energi/suhu dan siklus air. Penyebab peningkatan curah hujan ekstrim adalah meningkatnya fenomena cuaca ekstrim seperti siklon tropis, banjir, kekeringan, berkurangnya

jumlahhari hujan, serta penambahan bahan periode hari hujan secara berturut-turut (*wet spell*)

3. Mundurnya Musim.

Perubahan iklim bisa berdampak pada maju mundurnya waktu kedatangan musim. Bencana iklim ekstrim seperti banjir dan kekeringan dapat mengubah waktu kedatangan musim dalam jangka panjang.

Perubahan iklim juga dapat dilihat dari adanya pergeseran musim, dimana musim hujan dan musim kemarau dapat maju maupun mundur kejadiannya.

4. Perubahan Jumlah Volume Hujan.

Akumulasi curah hujan harian, bulanan dan tahunan merupakan salah satu catatan iklim penting yang juga menunjukkan potensi kapasitas sumber daya air tercurah. Informasi ini dapat digunakan untuk mengetahui perubahan iklim. Hal ini penting untuk pengelolaan sumber daya air jangka panjang.

Dampak Perubahan Iklim

Dampak perubahan iklim bervariasi, tergantung letak wilayah dari suatu daerah, namun secara umum dapat dikelompokkan berdasarkan akibat yang dirasakan secara langsung (fisik) maupun secara tidak langsung (non-fisik).

1. Dampak Fisik

Secara fisik dampak perubahan iklim yakni adanya anomali iklim dan musim yang berbeda dari biasanya. Dampak fisik lainnya adalah perubahan siklus air dan perluasan wilayah tropis, perubahan frekuensi kejadian El Nino Southern Oscillation (ENSO), peningkatan kejadian puting beliung, kejadian iklim ekstrim serta gelombang tinggi,

Perubahan siklus air baik di laut maupun di atmosfer terjadi karena kondisi muka bumi yang semakin panas akibat perkembangan pembangunan dan aktivitas manusia. Memanasnya muka air laut di daerah tropis menyebabkan evaporasi meningkat sehingga terjadi peningkatan volume air dalam pembentukan awan yang akan turun sebagai hujan dalam intensitas yang tinggi. Peningkatan penguapan yang tinggi akan menyebabkan daerah tropis menjadi jenuh dan berakibat wilayah tropis semakin meluas dan menciptakan wilayah tropis baru di daerah subtropis.

Anomali iklim dan musim berdampak pada penurunan produksi pertanian dan perkebunan. Apabila musim hujan sepanjang tahun atau terlalu banyak hujan berdampak pada mundurnya musim tanam, munculnya berbagai jenis penyakit tanaman maupun organisme pengganggu tanaman dan berujung pada penurunan produksi tanaman.

Perubahan frekuensi El Nino dan La Nina atau dengan kata lain perubahan frekuensi fase dingin dan fase panas. Kedua hal ini terjadi karena perbedaan suhu di atas daratan dan di atas lautan. Apabila suhu laut rendah maka akan terjadi fase dingin, sebaliknya suhu laut tinggi maka akan terjadi fase panas.

Dampak fenomena El Nino adalah terjadinya kekeringan yang panjang, sedangkan dampak dari Fenomena La Nina adalah banjir besar karena curah hujan yang panjang.

Kebakaran hutan akan meningkat tajam apabila hari tanpa hujan di atas seminggu. Pada tahun-tahun terjadinya El Nino kebakaran hutan akan meningkat. Sebaliknya pada tahun-tahun La Nina atau kemarau basah kebakaran hutan akan menurun.

Meningkatnya kejadian puting beliung karena adanya pemanasan global yang menimbulkan kenaikan perbedaan tekanan udara antar daerah. Puting beliung terjadi karena perbedaan tekanan udara, perbedaan topografi dan intensitas dan radiasi matahari.

Gejala naiknya muka air laut (ROB) di daerah pesisir akibat pasang laut. Naiknya muka air semata-mata karena pemanasan global. Selain ROB juga terjadi gelombang laut tinggi di laut akibat cuaca ekstrim yang meningkat. Gelombang tinggi berkorelasi dengan kuatnya tiupan angin kencang akibat peristiwa pembentukan awan hujan yang kuat, Gelombang tinggi sering terjadi pada musim pancaroba dan puncak musim hujan yang mana seringkali menimbulkan kecelakaan transportasi dilaut dan juga nelayan tidak dapat melaut.

2. Dampak Non-fisik

Dampak Non-fisik perubahan iklim merupakan terjadi akibat hubungan tidak langsung yang pada akhirnya mengganggu aktivitas kehidupan manusia, Meskipun dampak ini tidak terlihat pada parameter perubahan iklim, namun dapat mengakibatkan terjadi perubahan fisik seperti pada struktur bangunan dan fasilitas pendukung lainnya.

Beberapa sektor atau bidang yang dianggap sensitif terhadap perubahan iklim adalah sebagai berikut:

a. Kesehatan

Timbulnya berbagai jenis penyakit seperti demam berdarah, ancaman diare infeksi saluran pernapasan akut.

b. Infrastruktur

Kerusakan infrastruktur karena badai dan banjir. Seperti waduk meluap dan adanya pendangkalan bahkan pecah, tambak ikam dan udang tergenang air akibat tingginya muka air laut.

c. Energi

Menurunnya debit normal waduk-waduk pembangkit tenaga listrik (PLTA) karena penurunan intensitas hujan. Peningkatan suhu pesisir mempersulit proses pendinginan pembangkit listrik yang sedianya memanfaatkan air laut sebagai pendingin,

d. Sumber daya air

Ketersediaan air permukaan bawah permukaan dan air dalam (air tanah) berkurang karena musim kering yang panjang dan kualitas air rendah karena polutan yang terbawa karena banjir

e. Pertanian

Berubahnya kalender tanam, timbulnya berbagai jenis hama dan penyakit tanaman, terjadi gagal panen karena terganggunya penyerbukan dan pembuahan.

f. Kelautan dan perikanan

Perubahan lokasi tangkapan, perpindahan lokasi ikan, nelayan gagal melaut, gagalnya budidaya tambak, menurunnya produksi garam

g. Wisata

Kerusakan objek wisata, seperti pemutihan trumbu karang, terancamnya beberapa jenis flora dan fauna, terputusnya jalur transportasi dan rusaknya infrastruktur wisata

h. Kehutanan

Kemarau panjang dapat meningkatkan resiko kebakaran hutan dan lahan serta mengancam ketersediaan air, Selain itu dimungkingsn terjadinya perubahan biodiversitas.

i. Tansportasi

Peningkatan curah hujan ekstrim dan perubahan pola angin dapat mengganggu transportasi darat laut dan udara.

Bencana Hidrometeorologi

Mengutip dari BMKG, bencana hidrometeorologi merupakan suatu fenomena bencana alam atau proses merusak yang terjadi di atmosfer (meteorologi), air (hidrologi), atau lautan (oseanografi). Bencana hidrometeorologi disebabkan oleh aktivitas cuaca seperti siklus hidrologi, curah hujan, temperatur, angin dan kelembapan. Bentuk bencana hidrometeorologi berupa kekeringan, banjir, badai, kebakaran hutan, longsor, angin puyuh, gelombang dingin, hingga gelombang panas. Dampak bencana hidrometeorologi dapat menyebabkan hilangnya nyawa, dampak kesehatan kerusakan harta benda, hilangnya mata pencaharian, gangguan sosial, ekonomi, dan kerusakan lingkungan.

1. Banjir

Kejadian banjir cenderung terjadi pada daerah yang memiliki topografi lebih rendah dari sekitarnya. Menurut catatan dari BPBD, kejadian banjir dominan terjadi di desa yang memiliki topografi lebih rendah dan berbarengan dengan terjadinya musim penghujan. Namun belakangan ini nampaknya banjir bisa jadi berada pada wilayah dataran tinggi, namun dari sisi topografinya lebih rendah dari sekitarnya.

2. Banjir bandang

Kejadian bencana banjir bandang biasanya terjadi di daerah yang dekat dengan aliran sungai dimana hulu sungainya terdapat potensi longsor dengan intensitas sedang sampai tinggi.

3. Tanah longsor

Secara umum kejadian bencana tanah longsor dominan terjadi di daerah yang memiliki kemiringan lereng mulai dari bergelombang sampai terjal. Kejadian tanah longsor juga dominan berada pada daerah yang memiliki kemiringan lereng bergelombang sampai terjal.

4. Gelombang ekstrim (Abrasi)

Potensi ancaman gelombang ekstrim dan abrasi berpotensi pada seluruh wilayah yang berbatasan dengan laut, hanya saja dampak yang ditimbulkan bervariasi sesuai dengan karakteristik pesisir. Apabila pesisir dengan topografi yang data akan lebih tinggi potensi dampaknya dibandingkan dengan yang topografinya terjal.

5. Cuaca ekstrim (Angin puting beliung)

Cuaca ekstrim (angin puting beliung) adalah fenomena meteorologi yang ekstrim, khususnya fenomena cuaca yang mempunyai potensi menimbulkan bencana, menghancurkan tatanan kehidupan sosial, atau yang menimbulkan korban jiwa. Potensi terjadinya bahaya cuaca ekstrim (angin puting beliung) berada di wilayah dengan keterbukaan lahan tinggi dan dataran yang landai

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat berbagai bencana hidrometeorologi yang melanda Indonesia tahun 2014-2023 disajikan pada tabel berikut ini (BNPB, 2024).

Tabel 9.1
Kejadian Bencana Hidrometeorologi tahun 2014-2023

Jenis Bencana	Tahun									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Banjir	611	531	825	992	884	815	1531	1196	598	351
Tanah longsor	598	502	599	852	642	734	1160	1038	885	427
Banjir dan tanah longsor	198	-	-	-	-	-	96	55	25	22
Abrasi	20	7	22	11	53	18	44	57	20	4
Puting beliung	618	571	663	889	1157	1395	1486	838	650	322
Kekeringan	7	7		19	130	123	26	15	43	41
Kebakaran hutan dan lahan	102	46	178	96	536	757	619	271	160	2048
Total	1988	1703	2313	2914	3522	3906	5004	3536	2403	3233

Sumber: Badan Penanggulangan Bencana.

Daftar Pustaka

- BMKG. (2021). Normal Hujan Bulanan. <https://bmkgsampali.net/normal-hujanbulanan/>
- BNPB (2024). Data Informasi Bencana Indonesia. <https://dibi.bnpb.go.id/>
- Jayadi, W. W. Dan R 2009. Analysis Of Extreme Hydrology Parameters On Mt. Merapi Area To Justify The Effect Of Climate Changes. Climate Changes Impact On water Resources And Coastal Management In Developing Countries
- LAPAN. 2002. Laporan Perubahan Iklim. Pusat Antariksa Bandung.
- Nugroho, B. D. A. (2016). Fenomena Iklim Global, Perubahan Iklim dan Dampaknya di Indonesia. Penerbit Gadjah Mada University Press, Anggota IKAPI., Yogyakarta.
- Shahzad, U., & Riphah. (2012). Global Warming – Causes, Effects and Solution’s Trials. Journal of Engineering Sciences, 40(4), 1233–1254.
- UNFCCC. (2015). Paris Agreement. United Nation Framework Convention on Climate Change.
- Utami, N. D. (2019). Kajian Dampak Perubahan Iklim Terhadap Degradasi Tanah. Jurnal Alami, 3(2), 122–131.

Profil Penulis



Dr. Nikodemus P. P. E. Nainiti, STP., MP.

Penulis tamat pendidikan SMA pada tahun 1996 dan melanjutkan studi ke perguruan tinggi pada tahun 1987 pada Universitas Kristen Artha Wacana Kupang, Fakultas Teknologi Pertanian Program Studi Mekanisasi Pertanian. Penulis kemudian menyelesaikan studi S1 di prodi Mekanisasi Pertanian Universitas Kristen Artha Wacana Kupang pada tahun 1992. Penulis menyelesaikan studi S2 di prodi Teknik Tanah dan Air Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tahun 2002. Penulis menyelesaikan studi S3 di prodi Teknik Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tahun 2015. Penulis memiliki kepakaran dibidang Manajemen Sumber Daya Air. Dan untuk mewujudkan karir sebagai dosen profesional, selain melakukan kegiatan belajar mengajar, penulis pun aktif dalam meneliti dan melakukan pengabdian kepada masyarakat sesuai bidang kepakarannya. Beberapa kegiatan penelitian dan pengabdian yang telah dilakukan didanai oleh internal perguruan tinggi. Selain peneliti, penulis juga aktif menulis buku-buku ajar terkait mata kuliah yang diampuh. Harapannya secara khusus dapat memberikan kontribusi positif bagi mahasiswa dalam kegiatan belajar mengajar pada prodi mekanisasi pertanian maupun bagi masyarakat umumnya yang menjadi tujuan kegiatan pengabdian yang dilakukan.

Email Penulis: nikonainiti@gmail.com

TEKNOLOGI DAN INOVASI DALAM PENGELOLAAN BENCANA HIDROMETEOROLOGI

Mariati Indah Lestari, S.ST., M.T
Institut Kesehatan dan Teknologi Graha Medika

Pengertian Bencana Hidrometeorologi

Bencana hidrometeorologi adalah bencana yang diakibatkan oleh aktivitas cuaca seperti siklus hidrologi, curah hujan, temperatur, angin dan kelembapan. Bentuk bencana hidrometeorologi berupa kekeringan, banjir, badai, kebakaran hutan, longsor, angin puyuh, gelombang dingin, hingga gelombang panas.

Penyebab bencana hidrometeorologi adalah perubahan iklim dan cuaca ekstrem. Indonesia sering mengalami erubahan cuaca dan iklim secara mendadak dan ekstrem yang berujung pada bencana hidrometeorologi (BPBD).

Karakter Bencana Hidrometeorologi

1. Periode Musim

Berdasarkan pengetahuan umum, masyarakat Indonesia mengenal dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau.

2. Musim Hujan

Giarno dkk (2012) menyampaikan bahwa BMKG menentukan awal musim hujan dengan batasan tiga kali dasarian hujan lebih besar dan atau sama dengan 50 mm berurutan, dengan kata lain curah hujan lebih besar dan atau sama dengan 150 mm dalam sebulan. Musim hujan umumnya berlangsung antara bulan April sampai September walaupun secara parsial ada tempat-tempat yang mungkin lebih awal atau mundur. Musim hujan secara umum bersamaan dengan bertiupnya angin monsun dari Asia atau dikenal dengan angin barat.

3. Musim Kemarau

Sementara musim kemarau digunakan kriteria kebalikan dari awal musim hujan, yaitu suatu periode yang ditandai dengan jumlah curah hujan setiap bulan kurang dari 150 mm. Musim hujan umumnya berlangsung antara bulan Oktober sampai Maret, tetapi tidak semua tempat seragam waktunya, bisa jadi lebih awal atau mundur. Musim hujan secara umum bersamaan dengan bertiupnya angin monsun dari Australia atau dikenal dengan angin timur.

Walaupun BMKG hanya membagi Musim menjadi dua, yaitu musim hujan dan musim kemarau, tetapi pada tataran operasional sering disebut masa transisi, yaitu periode peralihan musim, dari musim hujan ke musim kemarau atau sebaliknya, dari musim kemarau ke musim hujan. Pada lingkungan masyarakat yang tinggal di Pulau Jawa, sudah mengenal empat periode musim tersebut dengan bahasa lokal yaitu rendeng (musim hujan), mareng (transisi musim hujan ke musim kemarau), ketigo (musim kemarau), dan labuh (transisi musim kemarau ke musim hujan)

4. Periode Bencana

Dalam kajiannya Rosyida dkk (2019) menyampaikan bahwa beberapa jenis yang bencana yang terjadi di Indonesia dipengaruhi oleh kedua musim ini. Dalam kajian tersebut lebih jauh dijelaskan bahwa bencana hidrometeorologi mendominasi jenis bencana di Indonesia, yaitu 96,8 % dari 2489 kejadian bencana, sementara bencana non-hidrometeorologi hanya 3,2 %.

Berdasarkan pemahaman di atas maka periode kejadian bencana hidrometeorologi dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1. Bencana Hidrometeorologi Basah

Bencana hidrometeorologi basah adalah bencana hidrometeorologi yang terjadi akibat adanya cuaca ekstrem, seperti hujan yang sangat lebat melebihi normalnya. Jenis bencana hidrometeorologi ini sering terjadi pada periode musim hujan. Kelompok bencana hidrometeorologi basah antara lain meliputi banjir, tanah longsor, dan puting beliung.

2. Bencana Hidrometeorologi Kering

Bencana hidrometeorologi kering adalah bencana hidrometeorologi yang terjadi akibat kelangkaan hujan atau karena dalam kurun waktu yang lama tidak terjadi hujan yang lazim disebut akibat kemarau panjang.

Jenis bencana hidrometeorologi ini sering terjadi pada periode musim kemarau. Kelompok bencana hidrometeorologi kering, antara lain adalah kekeringan, kebakaran hutan, kebakaran lahan.

Dengan mengenali jenis bencana dan waktu/periode kejadiannya maka kita semua diharapkan lebih siap melakukan antisipasi dan mitigasi kemungkin terjadi bencana. Lebih dari itu, kita juga diharapkan dapat menekan atau meminimalkan kerugian akibat bencana hidrometeorologi.

Berikut beberapa contoh bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di Indonesia:

1. Banjir: Indonesia sering mengalami banjir akibat hujan lebat yang menyebabkan sungai meluap, drainase yang buruk, serta tingginya curah hujan di beberapa wilayah
2. Longsor: Curamnya topografi di sebagian besar wilayah Indonesia membuatnya rentan terhadap longsor terutama saat musim hujan.
3. Tanah longsor: Di samping longsor, tanah longsor juga menjadi masalah serius terutama di daerah-daerah pegunungan.
4. Angin puting beliung: Angin kencang atau puting beliung bisa terjadi di beberapa daerah terutama di sepanjang pesisir dan daerah terbuka.
5. Gelombang pasang: Indonesia memiliki banyak pulau yang rentan terhadap gelombang pasang, yang bisa menyebabkan banjir di wilayah pesisir.
6. Tsunami: Indonesia berada di Cincin Api Pasifik, sehingga rentan terhadap gempa bumi yang bisa menyebabkan tsunami, seperti yang terjadi pada gempa dan tsunami Aceh 2004.

Bencana-bencana ini seringkali menimbulkan kerugian besar terhadap jiwa, harta benda, dan lingkungan di Indonesia. Oleh karena itu, mitigasi bencana, perencanaan tata ruang yang baik, serta pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan menjadi sangat penting

dalam menghadapi bencana hidrometeorologi di Indonesia.



Gambar 10.1

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat ada 4.940 bencana yang terjadi di Indonesia pada periode 1 Januari-31 Desember 2023. Banjir, tanah longsor, cuaca ekstrem merupakan bencana yang mendominasi

Teknologi dan Inovasi Berperan Penting dalam Pengelolaan Bencana Hidrometeorologi

Berikut adalah beberapa contoh cara di mana teknologi dan inovasi digunakan dalam mengelola bencana hidrometeorologi:

1. Sistem Pemantauan Cuaca dan Iklim: Pengembangan sistem pemantauan cuaca dan iklim yang canggih memungkinkan para ahli untuk memantau perubahan cuaca secara real-time. Data yang dikumpulkan dari jaringan stasiun cuaca, satelit, dan sensor lainnya membantu dalam pemodelan dan prediksi bencana hidrometeorologi seperti banjir, longsor, dan badai.

- a. Model Numerik Cuaca (Numerical Weather Prediction, NWP): Model numerik cuaca adalah salah satu alat utama dalam prediksi bencana hidrometeorologi. Model ini menggunakan prinsip fisika dan matematika untuk memodelkan perilaku atmosfer dan kondisi cuaca di masa depan. Data dari model numerik cuaca digunakan untuk memprediksi pola hujan, kecepatan angin, dan faktor-faktor cuaca lainnya yang dapat memicu banjir, longsor, atau badai.
- b. Satelit Cuaca: Satelit cuaca menyediakan gambar dan data cuaca dari berbagai wilayah di seluruh dunia. Mereka dapat mendeteksi pola awan, suhu permukaan laut, dan fenomena cuaca lainnya yang dapat digunakan untuk memprediksi dan memantau bencana hidrometeorologi.
- c. Radar Cuaca: Radar cuaca digunakan untuk mendeteksi dan memantau presipitasi, termasuk hujan, badai petir, dan badai salju. Data dari radar cuaca digunakan untuk memperkirakan intensitas hujan dan mendeteksi potensi banjir atau longsor.
- d. Sensor Hidrologi dan Pemantauan Sungai: Sensor hidrologi dipasang di sungai dan daerah aliran sungai untuk memantau ketinggian air, debit sungai, dan kondisi hidrologi lainnya. Data dari sensor hidrologi digunakan untuk memperkirakan risiko banjir dan longsor di daerah yang terkena.
- e. Pemodelan Hidrologi dan Longsor: Pemodelan hidrologi dan longsor menggunakan data hidrologi dan topografi untuk memprediksi perubahan dalam aliran air, erosi tanah, dan potensi longsor. Model ini membantu dalam mengidentifikasi

daerah yang rentan terhadap bencana hidrometeorologi dan mengembangkan strategi mitigasi yang efektif.

2. Sistem Peringatan Dini: Sistem peringatan dini menggunakan data dari berbagai sumber, termasuk model cuaca, satelit, radar, dan sensor hidrologi, untuk mengidentifikasi dan memperingatkan masyarakat tentang potensi bencana hidrometeorologi. Peringatan dini ini dapat disebarluaskan melalui pesan teks, sirene, media sosial, dan platform lainnya.
 - a. Pesan Teks (SMS): Pengiriman pesan teks ke ponsel pintar atau telepon seluler merupakan salah satu cara paling langsung untuk menyebarkan peringatan bencana kepada masyarakat. Pesan teks dapat berisi informasi tentang ancaman banjir, arahan evakuasi, dan langkah-langkah keselamatan yang harus diambil.
 - b. Sirene: Sistem sirene digunakan dalam beberapa komunitas untuk memberikan peringatan dini terhadap bencana seperti banjir, tsunami, atau bahaya lainnya. Sirene biasanya terpasang di lokasi strategis di daerah rawan bencana dan dapat diaktifkan secara manual oleh petugas penjaga pantai atau pemerintah setempat.
 - c. Media Sosial: Platform media sosial seperti Twitter, Facebook, dan Instagram dapat digunakan untuk menyebarkan peringatan bencana kepada masyarakat luas. Pemerintah, lembaga penanganan bencana, dan organisasi kemanusiaan sering menggunakan media sosial untuk berbagi informasi tentang kondisi cuaca,

peringatan bencana, dan langkah-langkah keselamatan.

- d. Aplikasi Seluler: Aplikasi seluler yang didedikasikan untuk peringatan bencana hidrologi dapat memberikan informasi real-time tentang kondisi cuaca dan potensi bencana di wilayah tertentu. Pengguna dapat menerima notifikasi langsung melalui aplikasi tentang peringatan bencana dan instruksi evakuasi.
 - e. Papan Informasi Publik: Papan informasi publik yang terpasang di tempat-tempat umum seperti pusat perbelanjaan, stasiun kereta, atau kantor pemerintah dapat digunakan untuk menyebarkan informasi tentang peringatan bencana kepada masyarakat.
 - f. Radio dan Televisi: Stasiun radio lokal dan stasiun televisi juga dapat memberikan peringatan bencana hidrologi kepada pendengar dan pemirsa mereka melalui siaran langsung, pengumuman, atau pemberitahuan darurat.
3. Pemetaan Risiko Bencana: Teknologi GIS (Sistem Informasi Geografis) digunakan untuk memetakan risiko bencana hidrometeorologi dengan lebih akurat. Dengan memahami pola aliran air, topografi, penggunaan lahan, dan faktor-faktor lain, pemetaan risiko bencana membantu dalam perencanaan mitigasi dan respons yang lebih efektif.
- a. Pemetaan Daerah Rawan Banjir dan Longsor: GIS memungkinkan analisis spasial yang mendalam terhadap topografi, jenis tanah, vegetasi, pola curah hujan, dan lainnya. Dengan menggunakan data ini, para ahli dapat mengidentifikasi dan memetakan daerah-daerah yang rentan terhadap

banjir dan longsor dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi.

- b. **Modeling Perubahan Lingkungan:** GIS dapat digunakan untuk memodelkan perubahan lingkungan yang dapat mempengaruhi risiko bencana hidrometeorologi. Misalnya, deforestasi, perubahan penggunaan lahan, dan urbanisasi dapat meningkatkan risiko banjir dan longsor. Dengan memahami pola-pola ini, peta risiko dapat disusun dengan lebih baik.
 - c. **Pemetaan Jaringan Sungai dan Drainase:** GIS memungkinkan pemetaan jaringan sungai, drainase, dan pola aliran air. Hal ini penting untuk memahami bagaimana air mengalir dalam sebuah wilayah dan untuk menentukan daerah-daerah yang paling rentan terhadap banjir dan genangan.
 - d. **Analisis Topografi dan Elevasi:** Data topografi dan elevasi digunakan dalam analisis GIS untuk memperkirakan potensi banjir dan longsor. Dengan memahami topografi suatu daerah, para ahli dapat menentukan daerah dataran rendah yang rentan terhadap banjir serta daerah dengan kemiringan tinggi yang rentan terhadap longsor.
 - e. **Integrasi Data Cuaca dan Iklim:** GIS memungkinkan integrasi data cuaca dan iklim ke dalam pemetaan risiko bencana hidrometeorologi. Informasi tentang pola hujan, curah hujan ekstrem, dan perubahan iklim dapat digunakan untuk memperkirakan risiko banjir, longsor, dan badai dengan lebih akurat.
4. **Pengembangan Infrastruktur Tahan Bencana:** Inovasi dalam desain dan teknologi infrastruktur dapat membantu membangun infrastruktur yang lebih

tahan terhadap bencana hidrometeorologi. Ini termasuk penggunaan material konstruksi yang kuat, drainase yang baik, dan desain bangunan yang mempertimbangkan potensi bencana.

- a. Desain Struktural Inovatif: Penggunaan teknologi konstruksi yang canggih, seperti beton bertulang tinggi kekuatan dan baja tahan karat, dapat meningkatkan ketahanan infrastruktur terhadap bencana hidrometeorologi seperti banjir dan badai. Desain struktural yang tepat dapat membantu infrastruktur bertahan lebih lama dan mengurangi kerusakan selama bencana.
- b. Sistem Pemantauan Real-time: Infrastruktur yang tahan terhadap bencana sering dilengkapi dengan sistem pemantauan real-time untuk memantau kondisi cuaca dan sungai secara terus-menerus. Sensor-sensor yang terpasang di sepanjang sungai dan daerah rawan banjir mengirimkan data secara langsung ke pusat pengendalian bencana untuk memungkinkan respons cepat terhadap ancaman banjir dan longsor.
- c. Penggunaan Material Ramah Lingkungan: Penggunaan material ramah lingkungan dalam konstruksi infrastruktur dapat membantu mengurangi dampak lingkungan serta meningkatkan ketahanan terhadap bencana hidrometeorologi.
- d. Penggunaan Energi Terbarukan: Mengintegrasikan sumber energi terbarukan, seperti panel surya dan turbin angin, dalam infrastruktur dapat membantu memastikan kontinuitas pasokan energi selama bencana hidrometeorologi dan mengurangi ketergantungan

pada sumber energi konvensional yang rentan terhadap gangguan cuaca.

5. Teknologi Drainase dan Manajemen Air: Inovasi dalam teknologi drainase dan manajemen air membantu dalam mengurangi risiko banjir dan genangan air. Teknologi ini termasuk sistem drainase cerdas, reservoir air, tanggul, dan sistem pengendalian banjir yang terkait dengan pemantauan dan manajemen air secara efisien.
 - a. Sistem Drainase Cerdas: Sistem drainase cerdas menggunakan teknologi sensor dan kontrol otomatis untuk mengoptimalkan aliran air dan mengurangi risiko banjir perkotaan. Sistem ini dapat mendeteksi dan merespons peningkatan aliran air secara real-time, memungkinkan pengaturan pompa dan katup secara otomatis.
 - b. Reservoir dan Bendungan: Pembangunan reservoir dan bendungan dapat mengatur aliran air sungai, mengurangi risiko banjir, serta menyediakan suplai air selama musim kekeringan. Teknologi yang terintegrasi dalam operasi reservoir dan bendungan memungkinkan pengaturan yang lebih fleksibel sesuai dengan kondisi cuaca dan permintaan air.
 - c. Sistem Irigasi Cerdas: Sistem irigasi cerdas menggunakan sensor dan teknologi pemantauan untuk mengoptimalkan penggunaan air dalam pertanian. Ini membantu mengurangi pemborosan air dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya air, sehingga mengurangi dampak kekeringan dan memperkuat ketahanan pangan.
 - d. Pemulihan Air Banjir: Teknologi pompa dan sistem pengeringan digunakan untuk

memulihkan daerah yang terkena banjir dengan cepat. Pompa air yang efisien dan sistem pengeringan membantu mengeluarkan air dari daerah terendam dan mengurangi dampak jangka panjang dari banjir.

- e. Sistem Pengolahan Air Bersih: Bencana hidrometeorologi seperti banjir dan badai sering kali mengancam kualitas air minum. Teknologi pengolahan air bersih dan sistem distribusi air yang canggih membantu memastikan pasokan air yang aman dan layak konsumsi selama dan setelah bencana.
6. Penggunaan Drone dan Pemetaan Udara: Penggunaan drone dan pemetaan udara memungkinkan pemantauan dan pemetaan daerah terdampak dengan lebih cepat dan akurat. Drone dapat digunakan untuk pemantauan, pemetaan, dan pengumpulan data di daerah yang sulit dijangkau atau berbahaya bagi manusia.
- a. Pemantauan dan Pemetaan: Drone dilengkapi dengan kamera yang dapat merekam gambar dan video dari udara dengan sudut pandang yang luas. Ini memungkinkan pemantauan dan pemetaan daerah rawan bencana hidrometeorologi seperti sungai, sungai, dan daerah pesisir dengan cara yang lebih efisien dan cepat daripada metode tradisional.
 - b. Identifikasi Daerah Rentan: Dengan menggunakan drone, daerah-daerah yang rentan terhadap bencana seperti banjir dan longsor dapat diidentifikasi dengan lebih akurat. Gambar dan video yang diambil dari udara membantu dalam mengidentifikasi pola aliran air, erosi tanah, dan kemungkinan titik-titik rawan.

- c. Pemantauan Kondisi Infrastruktur: Drone dapat digunakan untuk memantau kondisi infrastruktur yang rentan terhadap bencana hidrometeorologi, seperti tanggul, bendungan, dan jembatan. Data yang dikumpulkan dari drone dapat membantu dalam mengidentifikasi kerusakan atau kelemahan pada infrastruktur dan memungkinkan tindakan perbaikan yang tepat waktu.
 - d. Evaluasi Kerusakan Pasca-Bencana: Setelah terjadinya bencana, drone dapat digunakan untuk melakukan survei udara dan mengevaluasi kerusakan yang disebabkan oleh banjir, longsor, atau badai. Informasi ini sangat berharga dalam perencanaan respons pasca-bencana dan alokasi sumber daya untuk pemulihan.
 - e. Pemantauan Kualitas Air: Drone dilengkapi dengan sensor yang dapat mendeteksi perubahan dalam kualitas air, seperti pencemaran atau peningkatan kadar zat kimia. Ini memungkinkan pemantauan kualitas air di sungai, danau, dan reservoir setelah terjadinya bencana hidrometeorologi.
 - f. Pemantauan Evakuasi dan Penyelamatan: Drone dapat digunakan untuk memantau proses evakuasi dan penyelamatan selama bencana hidrometeorologi. Mereka dapat memberikan pandangan yang lebih luas atas kondisi terkini di lapangan dan membantu tim penyelamat dalam menemukan korban atau titik evakuasi yang aman.
7. Komunikasi dan Edukasi Publik: Teknologi komunikasi modern seperti media sosial, aplikasi seluler, dan situs web digunakan untuk menyebarkan

informasi tentang prakiraan cuaca, peringatan bencana, dan langkah-langkah mitigasi kepada masyarakat. Kampanye penyuluhan dan edukasi tentang persiapan bencana juga dapat dilakukan melalui platform digital ini.

- a. Situs Web dan Portal Informasi: Pemerintah dan lembaga terkait dapat membuat situs web dan portal informasi khusus yang menyediakan panduan, tips, dan informasi terkini tentang bencana hidrometeorologi. Situs web ini dapat menjadi sumber informasi utama bagi masyarakat untuk mempelajari langkah-langkah persiapan dan respons dalam menghadapi bencana.
- b. Media Sosial: Platform media sosial seperti Facebook, Twitter, dan Instagram dapat digunakan untuk menyebarkan informasi tentang bencana hidrometeorologi kepada khalayak yang lebih luas. Konten edukatif seperti infografis, video, dan artikel dapat dibagikan dan disebarluaskan melalui media sosial untuk meningkatkan kesadaran masyarakat.



Gambar 10.2 Kenali Potensi Bencana Hidrometeorologi

Sumber : “X” BMKG_semarang : Kenali Potensi Bencana Hidrometeorologi Apa itu bencana hidrometeorologi.? Jenis-jenis bencana hidrometeorologi dan kapan waktu potensi terjadinya. Serta bagaimana menyikapinya..

- c. Aplikasi Seluler: Pengembangan aplikasi seluler khusus untuk bencana hidrometeorologi dapat membantu masyarakat mengakses informasi dengan mudah dan cepat. Aplikasi tersebut dapat menyediakan prakiraan cuaca, peringatan dini, panduan persiapan bencana, dan kontak darurat yang penting.
- d. Webinar dan Pelatihan Online: Pemerintah, lembaga non-profit, dan organisasi kemanusiaan dapat menyelenggarakan webinar dan pelatihan online tentang persiapan bencana hidrometeorologi. Ini memberikan kesempatan bagi para ahli dan praktisi untuk berbagi pengetahuan dan pengalaman mereka dengan masyarakat secara langsung melalui platform digital.
- e. Penggunaan Teknologi Interaktif: Penggunaan teknologi interaktif seperti permainan edukatif atau simulasi bencana dapat membantu masyarakat memahami konsep persiapan bencana hidrometeorologi secara lebih baik. Ini dapat dilakukan melalui platform digital seperti situs web, aplikasi seluler, atau webinar interaktif.
- f. Kampanye Media Online: Kampanye media online, termasuk iklan digital dan kampanye crowdfunding, dapat digunakan untuk meningkatkan kesadaran dan dukungan terhadap upaya persiapan bencana hidrometeorologi. Melalui kampanye ini, masyarakat dapat didorong

untuk berpartisipasi dalam kegiatan persiapan dan mitigasi bencana.

Daftar Pustaka

- Adrian, Elvin, dkk. (2011). Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia.
- BMKG. (2023). Infograsi Bahaya Bencana Hidrometeorologi. Diakses pada 1 Agustus 2023. <https://twitter.com/infoBMKG/status/1506477777930756098?t=GTnvIQ-KmRR7f7NCk01dww&s=08>
- BMKG. (2020). Leaflet Trend Bencana Hidrometeorologi dalam 10 Tahun Terakhir. Diakses pada 1 Agustus 2023. dari <https://iklim.bmkg.go.id/publikasi-klimat/ftp/brosur/Leaflet%20Hidrometeorologi.pdf>
- BMKG. (2023). Informasi Dampak Hujan Lebat. Diakses pada 1 Agustus 2023. Dari <https://www.instagram.com/p/Cv17Qs8NjJO/>
- BMKG. (2023). Data Bencana Hidrometeorologi. Diakses pada 1 Agustus 2023. Dari https://www.instagram.com/p/Cvg4eALhACR/?img_index=1
- Jakarta: Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. <https://bnpb.go.id/>
- https://bpbd.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/63_bencana-hidrometeorologi
- Hermon, Dedi. (2018). Mitigasi Bencana Hidrometeorologi: Banjir, Longsor, Ekologi, Degradasi Lahan, Puting Beliung, Kekeringan. Padang: UNP Press.
- <https://bpbd.bogorkab.go.id/mengenal-bencana-hidrometeorologi-pada-desember-februari/>
- Maryono, A. (2014). Menangani Banjir, Kekeringan, dan Lingkungan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, Cetakan kedua (revisi).

Profil Penulis



Mariati Indah Lestari, S.ST., M.T.

Penulis dilahirkan di Bitung, Sulawesi Utara pada tanggal 10 Februari 1990. Penulis mempunyai minat dan keahlian di bidang teknik sipil. Melalui tulisan ini diharapkan dapat berbagi pengetahuan bagi pembaca. Selama perjalanan akademis, penulis mencoba untuk menggali pengetahuan dan keterampilan untuk memberikan kontribusi yang berarti dalam bidang ini. Sebelumnya penulis menyelesaikan pendidikan Diploma III Jurusan Teknik Sipil Transportasi Jalan dan Jembatan di Politeknik Negeri Manado, dilanjutkan dengan Diploma IV Teknik Sipil Konstruksi Bangunan Gedung di Politeknik Negeri Manado dilanjutkan lagi dengan program Pascasarjana S2 Teknik Sipil yang berfokus pada bidang ilmu Geoteknik di Universitas Negeri Sam Ratulangi Manado.

Dalam profil penulisan ini, penulis mengajak pembaca untuk bergabung dalam lingkup teknik sipil untuk berbagi informasi dan menciptakan dampak positif dalam pembangunan infrastruktur dan lingkungan. Terima kasih telah mengenal sedikit tentang penulis, dan semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Mari bersama berkontribusi dalam dunia literasi dan industri teknik sipil.

Email Penulis: indahlestarimariati@gmail.com

PENDIDIKAN DAN KESADARAN PUBLIK TERKAIT BENCANA HIDROMETEOROLOGI

Rusiyah, S.Pd, M.Sc.
Universitas Negeri Gorontalo

Urgensi Pendidikan dan Kesadaran Publik Terkait Bencana Hidrometeorologi

Perubahan iklim menyebabkan peningkatan kejadian bencana hidrometeorologi di Indonesia. Sebagian besar penduduknya tinggal di daerah yang rentan terhadap bencana hidrometeorologi. Perubahan iklim berdampak pada meningkatnya bencana hidrometeorologi di Indonesia. Sebagian besar masyarakat Indonesia berada di wilayah yang rawan terhadap bencana hidrometeorologi. Bencana hidrometeorologi merupakan peristiwa alam yang disebabkan oleh interaksi antara atmosfer dan hidrosfer, yang dapat menyebabkan dampak negatif pada manusia, makhluk hidup, lingkungan, dan ekonomi. Bencana ini melibatkan kombinasi fenomena cuaca dan air, seperti banjir, tanah longsor, angin kencang dan badai.

Bencana hidrometeorologi dapat memiliki dampak yang luas, seperti hilangnya nyawa, kerusakan rumah dan bangunan, gangguan ekonomi, dan gangguan terhadap infrastruktur seperti jalan, jembatan, dan sumber daya

air. Untuk mengurangi dampak negatif, pemerintah perlu melaksanakan langkah-langkah adaptasi terhadap perubahan iklim secara komprehensif dan menyeluruh, melibatkan partisipasi semua lapisan masyarakat dan lembaga pemerintahan, dengan merujuk pada Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim di Indonesia yang telah disusun oleh pemerintah (Aprizon, et.al, 2021). Upaya mitigasi dan persiapan diperlukan untuk mengurangi risiko dan meminimalkan dampak dari bencana. Hal ini termasuk sistem peringatan dini, infrastruktur tahan bencana, dan perencanaan darurat yang efektif.

Pendidikan dan kesadaran publik memiliki peran yang sangat penting dalam menghadapi bencana hidrometeorologi. Pendidikan dan kesadaran publik merupakan fondasi penting dalam membangun ketahanan masyarakat terhadap bencana hidrometeorologi. Pendidikan kebencanaan merupakan suatu hal yang mutlak dibutuhkan karena dianggap sebagai cara yang lebih efektif untuk mengubah perilaku, dengan perubahan perilaku cenderung menjadi lebih ekonomis dan berkelanjutan dibandingkan hanya mengandalkan rekayasa teknologi (Tahmidaten & Krisyanto, 2019).

Upaya yang terkoordinasi dan berkelanjutan dalam meningkatkan pengetahuan, keterampilan, serta kesadaran tentang risiko dan respons terhadap bencana. Adanya pendidikan dan kesadaran publik yang baik, masyarakat memiliki landasan yang kokoh untuk menghadapi bencana hidrometeorologi. Masyarakat menjadi lebih siap, lebih tanggap, dan lebih mampu untuk melindungi diri serta komunitasnya dari ancaman yang mungkin timbul akibat fenomena alam yang ekstrem. Urgensi kesadaran publik dalam menghadapi bencana hidrometeorologi penting karena kesadaran tersebut

dapat memicu tindakan preventif, meningkatkan kesiapsiagaan, dan memperkuat respon terhadap bencana. Upaya untuk meningkatkan kesadaran publik tentang bencana hidrometeorologi harus didorong secara aktif oleh pemerintah, lembaga non-pemerintah, dan masyarakat secara keseluruhan.

Peran Pendidikan dalam Meningkatkan Kesadaran Masyarakat Tentang Bencana Hidrometeorologi

Peningkatan pemahaman masyarakat tentang risiko bencana dan upaya mitigasi dapat dicapai melalui pendidikan. Peningkatan pengetahuan dan keterampilan menjadikan masyarakat lebih siap menghadapi bencana dan dapat mengurangi efek negatifnya. Oleh karena itu, integrasi pendidikan bencana ke dalam strategi mitigasi yang efektif dan berkelanjutan menjadi sangat penting (Ikhsan, 2023). Pendidikan berperan dalam meningkatkan kesadaran masyarakat tentang bencana hidrometeorologi karena dapat membekali pengetahuan, keterampilan, dan sikap masyarakat yang dibutuhkan untuk menghadapi risiko bencana hidrometeorologi. Selain itu, melalui pendidikan dapat berperan sebagai berikut:

1. Menyediakan Informasi Akurat dan Relevan

Pendidikan menyediakan platform untuk menyampaikan informasi yang akurat dan relevan kepada masyarakat tentang bencana hidrometeorologi. Tingkat kesadaran masyarakat meningkat apabila masyarakat memiliki akses informasi yang tepat tentang jenis-jenis bencana, faktor risiko, dan langkah-langkah mitigasi yang dapat diambil.

2. Mengembangkan Keterampilan Kesiapsiagaan

Pendidikan bencana melibatkan pengembangan keterampilan praktis yang diperlukan untuk menghadapi bencana hidrometeorologi. Pendidikan bencana yang mengintegrasikan pelatihan kesiapsiagaan, seperti evakuasi, pertolongan pertama, dan penggunaan peralatan penyelamatan, efektif dalam meningkatkan respons masyarakat terhadap bencana.

3. Meningkatkan Sikap Siaga dan Tanggap

Pendidikan bencana membantu membentuk sikap siaga dan tanggap dalam Masyarakat. Pendidikan bencana mempengaruhi sikap individu terhadap risiko bencana, dengan lebih banyak individu yang cenderung mengambil tindakan pencegahan dan kesiapsiagaan setelah mendapatkan pendidikan yang tepat.

4. Meningkatkan Partisipasi Masyarakat

Pendidikan bencana mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam upaya mitigasi dan penanggulangan bencana. Program pendidikan bencana dengan melibatkan partisipasi masyarakat dalam perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi, dapat meningkatkan keterlibatan masyarakat dalam upaya kesiapsiagaan dan resiliensi terhadap bencana hidrometeorologi.

5. Memperkuat Ketahanan Komunitas

Melalui pendidikan bencana, komunitas dapat membangun ketahanan yang lebih baik terhadap bencana hidrometeorologi. Program pendidikan bencana yang berfokus pada pemberdayaan masyarakat dan pengembangan jejaring sosial dapat

meningkatkan ketahanan komunitas dalam menghadapi bencana.

Dengan demikian, pendidikan berperan penting dalam meningkatkan kesadaran masyarakat tentang bencana hidrometeorologi dengan menyediakan informasi, keterampilan, dan sikap yang diperlukan untuk mengurangi risiko dan merespons dengan efektif ketika bencana terjadi.

Program Pendidikan Bencana di Sekolah

Program pendidikan bencana di sekolah-sekolah merupakan strategi yang efektif dalam meningkatkan pendidikan siswa tentang bencana hidrometeorologi. Program pendidikan bencana di sekolah tidak hanya memberikan pengetahuan tentang bencana hidrometeorologi pada siswa, tetapi juga melibatkan siswa secara aktif dalam proses pembelajaran sehingga meningkatkan kesiapan siswa dalam menghadapi bencana tersebut. Menurut Pahleviannur (2019) perlu menerapkan prioritas pada pengurangan risiko bencana dalam sektor pendidikan agar dapat menciptakan generasi yang tangguh dalam menghadapi bencana. Untuk meningkatkan pemahaman tentang bencana, dapat dilakukan kegiatan sosialisasi yang bertujuan untuk memberikan edukasi yang dapat mengurangi risiko bencana di suatu daerah. Integrasi program pelatihan dan simulasi bencana ke dalam kurikulum sekolah sangat dibutuhkan sebagai upaya menciptakan generasi yang lebih tangguh dan siap menghadapi tantangan bencana hidrometeorologi di masa depan

Kurikulum dan Metode Pengajaran

Peran kurikulum dan metode pengajaran di sekolah sangat penting dalam meningkatkan pendidikan siswa

tentang bencana hidrometeorologi. Berikut adalah beberapa strategi meningkatkan pendidikan kebencanaan yang dapat dilakukan melalui kurikulum dan metode pengajaran:

1. Integrasi Materi Bencana dalam Kurikulum

Penyelarasan kurikulum sekolah dengan topik-topik terkait bencana hidrometeorologi memungkinkan siswa untuk secara sistematis mendapatkan informasi tentang risiko bencana. Hal tersebut dapat dilakukan dengan memasukkan materi tentang bencana hidrometeorologi ke dalam mata pelajaran seperti ilmu pengetahuan alam, Ilmu pengetahuan Sosial, geografi, bahasa Indonesia, dan keterampilan sosial dan mata pelajaran lainnya. Tahmidaten & Krismanto (2019) menjelaskan bahwa diperlukan langkah-langkah strategis sebagai berikut: 1) Mengatur sistem pendidikan kebencanaan agar menjadi lebih jelas, terstruktur, dan lebih sistematis, 2) Mengatur peran yang lebih jelas dan tegas antara kementerian dan semua lembaga-lembaga yang berkaitan dengan masalah kebencanaan, 3) Merevisi kurikulum kebencanaan (*disaster curriculum*), dan 4) Melaksanakan sosialisasi dan edukasi sistem dan kurikulum pendidikan kebencanaan yang berstruktur, konsisten, dan berkesinambungan. Menurut Suharwoto, et.al. (2015) Integrasi materi pembelajaran Penanggulangan Risiko Bencana (PRB) ke dalam kurikulum dapat dilakukan menggunakan pendekatan-pendekatan yaitu :1) Memasukkan materi pembelajaran PRB ke dalam mata pelajaran inti, 2) Memasukkan materi pembelajaran PRB ke dalam mata pelajaran lokal yang sesuai dengan jenis bencana yang ada di daerah tersebut serta 3) Menyertakan pengurangan risiko bencana pada

kegiatan ekstrakurikuler yang sesuai dengan jenis bencana yang umum terjadi di daerah tersebut.

2. Penekanan pada Literasi Bencana

Kurikulum dapat menekankan pentingnya literasi bencana dengan memperkenalkan istilah-istilah dan konsep-konsep dasar tentang bencana hidrometeorologi kepada siswa. Hal ini termasuk memahami perbedaan antara berbagai jenis bencana hidrometeorologi, faktor-faktor penyebabnya, dan cara mengurangi risikonya.

3. Pembelajaran Berbasis Masalah

Metode pembelajaran berbasis masalah dapat memungkinkan siswa untuk belajar melalui eksplorasi dan penyelesaian masalah-masalah yang relevan dengan konteks bencana hidrometeorologi. Siswa dapat diajak untuk menganalisis studi kasus bencana yang sebenarnya, merencanakan strategi mitigasi, dan mempresentasikan solusi yang ditemukan.

4. Simulasi dan Latihan Darurat:

Melalui simulasi bencana dan latihan darurat, siswa dapat belajar tentang tindakan yang harus diambil dalam situasi darurat yang terkait dengan bencana hidrometeorologi. Hal ini memungkinkan siswa untuk mempraktikkan keterampilan evakuasi, pertolongan pertama, dan komunikasi darurat dalam lingkungan yang aman dan terkendali.

5. Pembelajaran Berbasis Proyek:

Metode pembelajaran berbasis proyek memungkinkan siswa untuk mengembangkan pengetahuan dan keterampilan mereka tentang bencana hidrometeorologi melalui proyek-proyek penelitian atau aksi di lapangan. Misalnya, siswa dapat

melakukan survei tentang kesiapan bencana di lingkungannya dan merancang rencana mitigasi.

6. Kolaborasi Antar Mata Pelajaran:

Kurikulum yang menyediakan kesempatan untuk kolaborasi antar mata pelajaran memungkinkan siswa untuk memahami hubungan kompleks antara bencana hidrometeorologi dan berbagai aspek kehidupan, seperti lingkungan, ekonomi, dan sosial. Hal ini dapat dilakukan melalui proyek lintas-mata pelajaran atau kegiatan ekstrakurikuler yang terintegrasi.

Kurikulum yang relevan dan metode pengajaran yang inovatif dapat menciptakan lingkungan pembelajaran yang dapat mendukung dan menantang siswa untuk menjadi lebih sadar dan tangguh dalam menghadapi bencana hidrometeorologi. Hal ini tidak hanya meningkatkan pengetahuan siswa, tetapi juga mempersiapkan siswa untuk berpartisipasi aktif dalam upaya-upaya mitigasi dan penanggulangan bencana di masyarakat.

Pelatihan dan Simulasi Bencana

Pelatihan dan simulasi bencana di sekolah memiliki peran penting dalam meningkatkan pendidikan siswa tentang bencana hidrometeorologi. Pelatihan kesiapsiagaan bencana berpengaruh terhadap kesiapsiagaan dalam menghadapi berbagai jenis bencana (Virgiani, et, al., 2022). Berikut beberapa kontribusi pelatihan dan simulasi bencana yaitu:

1. Menghadirkan Pengalaman nyata

Siswa dapat mengalami secara langsung situasi yang mungkin terjadi selama bencana hidrometeorologi melalui simulasi bencana. Hal ini membantu siswa

untuk memahami kondisi nyata dari bencana tersebut dan meningkatkan empati terhadap korban.

2. Mengembangkan Keterampilan Darurat

Pelatihan bencana di sekolah memberikan kesempatan bagi siswa untuk mempraktikkan keterampilan darurat, seperti teknik evakuasi, pertolongan pertama, dan penggunaan peralatan penyelamatan. Siswa dapat menjadi lebih terampil dan percaya diri saat menghadapi situasi darurat yang terkait dengan bencana hidrometeorologi.

3. Meningkatkan Kesadaran Ancaman Bencana

Siswa diajarkan untuk mengenali tanda-tanda awal bencana dan memahami perilaku yang aman dan tidak aman selama kejadian bencana. Hal ini dapat membantu meningkatkan kesadaran siswa akan ancaman bencana hidrometeorologi dan mengurangi risiko cedera atau kerugian.

4. Menguatkan Kesiapan dan Respons.

Simulasi bencana memungkinkan siswa untuk berlatih merespons dengan cepat dan efektif dalam situasi darurat. Siswa belajar untuk bekerja sama dalam tim, mengambil keputusan dengan cepat, dan berkomunikasi dengan jelas, yang semuanya merupakan keterampilan yang penting dalam menghadapi bencana hidrometeorologi.

5. Mendorong Pemikiran Kritis dan Kreatif

Siswa dihadapkan tantangan dan masalah yang memerlukan pemikiran kritis dan kreatif untuk dipecahkan. Hal ini dapat merangsang proses belajar menjadi lebih aktif dan membantu siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir sistematis dan analitis saat menghadapi situasi bencana.

6. Menumbuhkan Rasa Tanggung Jawab Sosial

Pelatihan bencana dapat membantu menumbuhkan rasa tanggung jawab sosial di antara siswa, karena siswa belajar untuk merespons kebutuhan orang lain dan membantu dalam upaya penyelamatan dan pemulihan.

Peran Keluarga dalam Pendidikan Tentang Bencana Hidrometeorologi

Peran keluarga dalam pendidikan bencana hidrometeorologi mencakup berbagai aspek dalam menciptakan lingkungan yang siap dan tanggap terhadap ancaman bencana. Melalui komunikasi, dukungan, dan keterlibatan aktif dalam persiapan dan mitigasi bencana, keluarga dapat berperan penting dalam melindungi keamanan dan kesejahteraan anggota keluarga secara keseluruhan. Keluarga berperan dalam meningkatkan kesadaran, kesiapsiagaan, dan responsibilitas anggota keluarga, memberikan dukungan emosional, membentuk sikap dan perilaku yang proaktif, dan menyediakan informasi, keterampilan, dan sumber daya yang diperlukan untuk menghadapi bencana serta mengembangkan rencana darurat untuk merespons bencana.

Upaya Pemerintah dan Institusi Terkait dalam Meningkatkan Kesadaran Publik

Pemerintah telah mengatur berbagai aspek terkait mitigasi bencana, mulai dari langkah-langkah pra-bencana, pasca-bencana, hingga perencanaan wilayah dan kota guna menghindari kerusakan dan kerugian yang lebih besar. Namun, meskipun telah ada perancangan yang matang terkait mitigasi bencana dalam peraturan maupun kebijakan pemerintah, tindakan nyata dari

pemerintah masih belum terlihat secara jelas. Oleh karena itu, diperlukan upaya terus-menerus dari pemerintah untuk memperbaiki undang-undang yang telah dibuat serta meningkatkan pengawasan terhadap kebijakan dan pelaksanaannya yang dilakukan guna mengurangi berbagai risiko bencana yang terjadi di Indonesia (Fariza dan Handayani, 2022). Upaya yang harus dilakukan pemerintah dan institusi terkait dalam meningkatkan kesadaran publik dan partisipasi masyarakat terkait bencana hidrometeorologi yaitu melibatkan serangkaian langkah strategis yang ditujukan untuk memberikan informasi, pendidikan, dan sumber daya kepada masyarakat guna meningkatkan pemahaman, kesiapsiagaan, dan respons terhadap bencana hidrometeorologi. Upaya tersebut dapat dilakukan melalui berbagai strategi yaitu:

1. Sosialisasi Kesadaran Publik

Pemerintah dan institusi melakukan kampanye kesadaran publik yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman masyarakat tentang risiko bencana hidrometeorologis. Sosialisasi dapat melibatkan media massa, iklan, brosur, dan acara komunitas yang bertujuan untuk menyebarkan informasi tentang jenis-jenis bencana, penyebabnya, dan langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengurangi risiko.

2. Pendidikan dan Pelatihan

Pemerintah dan institusi terkait menyelenggarakan pendidikan dan pelatihan tentang bencana hidrometeorologis untuk masyarakat. Program ini mencakup penyuluhan di sekolah, universitas, dan tempat-tempat umum lainnya, serta pelatihan kesiapsiagaan di tingkat komunitas. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan

masyarakat tentang risiko bencana dan memberikan keterampilan yang diperlukan saat bencana terjadi.

3. Sistem Peringatan Dini

Pemerintah berperan penting dalam pengembangan dan pengoperasian sistem peringatan dini untuk bencana hidrometeorologis. Sistem ini memberikan peringatan kepada masyarakat tentang ancaman bencana yang akan datang, seperti banjir, badai, atau tanah longsor, sehingga masyarakat dapat mengambil tindakan yang diperlukan untuk melindungi diri dan keluarga mereka.

4. Infrastruktur Tangguh Bencana

Pemerintah memiliki tanggung jawab untuk membangun infrastruktur yang tangguh terhadap bencana hidrometeorologis, seperti tanggul banjir, sistem drainase yang baik, dan bangunan yang tahan terhadap angin topan. Hal ini membantu mengurangi risiko bencana dan melindungi masyarakat dari dampak yang merugikan.

5. Pembentukan Kerjasama dan Kemitraan

Pemerintah dapat bekerja sama dengan berbagai pihak terkait, termasuk LSM, organisasi non-profit, sektor swasta, dan masyarakat, untuk meningkatkan kesadaran publik tentang bencana hidrometeorologis. Kerjasama ini mencakup penyediaan sumber daya, penyebaran informasi, dan pelaksanaan program-program kesadaran publik.

Melalui berbagai langkah strategis pemerintah dan institusi terkait berperan dalam mempersiapkan masyarakat untuk menghadapi risiko bencana hidrometeorologis dengan lebih baik, dan meningkatkan kesadaran masyarakat tentang ancaman yang mungkin

terjadi serta langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk melindungi diri sendiri dan orang lain.

Penerapan Teknologi dan Inovasi dalam Pendidikan dan Kesadaran Publik

Penerapan Teknologi dan Inovasi dalam Pendidikan dan Kesadaran Publik terhadap bencana hidrometeorologi memiliki peran penting dalam meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dan mengurangi dampak buruk yang disebabkan oleh bencana alam. Teknologi dan inovasi dapat diterapkan dalam sistem peringatan dini berbasis teknologi, pendidikan dan pelatihan berbasis teknologi, simulasi dan model prediktif, pemetaan risiko bencana, komunikasi publik dan kesadaran melalui media sosial. Berikut penerapan teknologi yang dapat dilakukan:

1. Pengembangan Aplikasi *Mobile* dan *Platform Online* untuk Pendidikan Bencana

Pengembangan aplikasi *mobile* dan *platform online* merupakan cara efektif untuk menyediakan informasi yang penting dan relevan kepada masyarakat secara cepat dan efisien, serta meningkatkan kesadaran dan kesiapsiagaan menghadapi ancaman bencana alam. Hal ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi terkini seperti pemantauan cuaca *real-time*, sensor lingkungan, dan pemodelan prediktif untuk menyediakan informasi yang lebih akurat dan terkini kepada pengguna.

2. Pemanfaatan Teknologi SIG dalam Pemetaan Risiko Bencana

Pemanfaatan Teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam pemetaan risiko bencana berperan dalam manajemen bencana. Penggunaan teknologi SIG dalam pemetaan risiko bencana dapat membantu

dalam memahami dengan lebih baik potensi risiko bencana di suatu wilayah, mengidentifikasi area yang rentan, dan merencanakan tindakan mitigasi yang tepat. Teknologi SIG dapat digunakan dalam pengumpulan data, analisis data, model prediktif dan visualisasi dan komunikasi.

3. Inovasi dalam Media Interaktif untuk Meningkatkan Kesadaran Publik

Inovasi dalam media interaktif dapat menjadi alat yang efektif dalam meningkatkan kesadaran publik tentang bencana hidrometeorologi. Dengan menggunakan inovasi dalam media interaktif seperti aplikasi *mobile*, game edukasi, infografis interaktif, dan situs web interaktif, kesadaran publik tentang bencana hidrometeorologi dapat ditingkatkan dengan cara yang menarik, efektif, dan mudah diakses. Pengembangan aplikasi *mobile* dan game edukasi yang interaktif dapat memberikan pengalaman yang lebih menarik dan menyenangkan bagi pengguna, sambil meningkatkan pemahaman tentang bencana hidrometeorologi.

Tantangan dalam Pendidikan dan Kesadaran Publik

Tantangan pendidikan dan kesadaran publik terus berkembang seiring perubahan zaman, perkembangan teknologi, dan kondisi sosial. Beberapa tantangan tersebut antara lain: 1) Aksesibilitas pendidikan dan informasi kepada semua lapisan masyarakat, terutama di daerah terpencil atau daerah dengan akses terbatas terhadap teknologi, 2) Informasi yang salah atau hoaks dapat menjadi hambatan serius dalam membangun kesadaran publik yang akurat dan efektif tentang bencana atau isu-isu penting lainnya, 3) Kesenjangan digital diantara masyarakat yang memiliki akses dan kompetensi

dalam teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dan masyarakat yang belum memiliki akses atau belum memiliki keterampilan dalam TIK, 4) Perubahan iklim dan bencana yang semakin ekstrem meningkatkan frekuensi bencana hidrometeorologi.

Penerapan Integrasi Pendidikan tentang Penanggulangan Risiko Bencana (PRB) melalui kurikulum, materi lokal, dan pengembangan telah banyak diadopsi di Sekolah Dasar di Indonesia, namun terdapat beberapa hambatan saat melaksanakan integrasi pendidikan PRB baik internal maupun eksternal sekolah. Beberapa masalah terkait monitoring dan evaluasi pelaksanaan integrasi pendidikan bencana yang kurang optimal, kurangnya fasilitas pada proses pembelajaran dan motivasi yang kurang dari guru (Septikasari, Z. et.al., 2022). Pendidikan tentang penanggulangan risiko bencana masih merupakan konsep yang belum lama di Indonesia dan belum sepenuhnya terintegrasi secara optimal dalam Kurikulum 2013. Saat ini, masih terbatas pada mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Sosial (IPS) dan Geografi yang secara resmi menyertakan materi pendidikan kebencanaan. Tantangan dalam Kurikulum Merdeka, yaitu kurangnya pemahaman tentang Pendidikan Kebencanaan pada peserta didik, yang menyebabkan keterbatasan pengetahuan siswa. Tantangan lainnya adalah minimnya sosialisasi tentang Pendidikan Kebencanaan pendidik dan tenaga kependidikan di sekolah-sekolah yang rawan bencana (Kurniawan, et.al.,2022).

Peluang dalam Pendidikan dan Kesadaran Publik

Selain tantangan juga terdapat beberapa peluang masa depan dalam pendidikan dan kesadaran publik antara lain: 1) Kemajuan dalam teknologi dan inovasi seperti kecerdasan buatan, pemodelan prediktif, dan media

interaktif, menawarkan peluang besar untuk meningkatkan pendidikan dan kesadaran publik tentang bencana hidrometeorologi, 2) Peluang untuk memperkuat kolaborasi antara pemerintah, lembaga akademis, organisasi non-pemerintah, dan sektor swasta dalam menyediakan pendidikan dan informasi bencana kepada masyarakat, 3) Peluang untuk memperkuat pendidikan inklusif dan berkelanjutan tentang bencana hidrometeorologi di semua tingkatan, termasuk di sekolah-sekolah dan melalui program-program pelatihan di masyarakat, 4) Media sosial dan platform digital dapat menjadi alat yang sangat efektif dalam menyebarkan informasi dan memobilisasi dukungan untuk pendidikan dan kesadaran publik tentang bencana hidrometeorologi, 5) Peluang untuk mengembangkan keterampilan adaptasi dan kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana hidrometeorologi, termasuk melalui program-program pelatihan dan simulasi interaktif, dan 6) Peluang untuk mengintegrasikan pendidikan tentang bencana hidrometeorologi ke dalam kehidupan sehari-hari masyarakat melalui pendekatan berbasis komunitas, yang memungkinkan partisipasi aktif dan tanggapan yang lebih baik terhadap risiko bencana.

Daftar Pustaka

- Adiba Fariza, A. & Handayani, B. L., 2022, Tindakan Struktural Mitigasi Bencana Pemerintah Di Indonesia, *Jurnal Analisa Sosiologi*, Vol.11, No.2, 288-305.
- Ihsan, M.H.,et.al., 2023, Peran Pendidikan Mitigasi Bencana Untuk Membangun Kesiapsiagaan Menghadapi Ancaman Bencana Alam, *Jurnal Pendidikan, Humaniora, Linguistik Dan Sosial (JAGADDHITA)*, Vol.1 No.2, 76-84.
- Kurniawan, F. A., Prasetyo, A. B., & Fauziah, R. N., (2024) Tantangan Dan Strategi Pendidikan Kebencanaan Dalam Kurikulum Merdeka, *Jurnal Publikasi Ilmu Manajemen (JUPIMAN)*, Vol.3, No.1, 143-150.
- Pahleviannur, M. R., 2019, Edukasi Sadar Bencana Melalui Sosialisasi Kebencanaan Sebagai Upaya Peningkatan Pengetahuan Siswa Terhadap Mitigasi Bencana, *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*. Vol 29, No.1, 49-55.
- Putra, A., Dewata, E., Gusman, M., 2021, Literature Reviews: Hydrometeorological Disasters And Climate Change Adaptation Efforts, *Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education*, Vol.5, No. 1,7-12.
- Septikasari, Z., Retnowati, H., & Wilujeng, I., (2022) Pendidikan Pencegahan Dan Pengurangan Risiko Bencana (PRB) Sebagai Strategi Ketahanan Sekolah Dasar Dalam Penanggulangan Bencana, Vol.28, No. 1, 120-143.
- Suharwoto, et.al., 2015, Modul 3 Pilar 3 - Pendidikan Pencegahan Dan Pengurangan Risiko Bencana, Jakarta: Biro Perencanaan Dan Kerjasama Luar Negeri Sekretariat Jenderal Kemendikbud.
- Tahmidaten, L.& Krismanto, W., 2019, Implementasi Pendidikan Kebencanaan di Indonesia (Sebuah Studi Pustaka tentang Problematika dan Solusinya) *Lectura: Jurnal Pendidikan*, Vol.10 No. 2, 22-33.

Virgiani, B. N., Aeni, W.N., Safitri, 2022, Pengaruh Pelatihan Siaga Bencana dengan Metode Simulasi terhadap Kesiapsiagaan Menghadapi Bencana: Literature Review, Bima Nursing Journal, Vol.3 No.2, 156-163.

Widiadi, A. N, 2022, Belajar Dari Masa Lalu, Bersiap Untuk Masa Depan: Integrasi Pendidikan Kebencanaan Dalam Pembelajaran Sejarah Indonesia. Jurnal Pendidikan Sejarah Indonesia. Vol 5, No. 1, 1-12.

Profil Penulis

Rusiyah, S.Pd, M.Sc



Penulis lahir di Kulon Progo pada tanggal 21 Juni 1981. Ketertarikan penulis terhadap ilmu kebumian dimulai pada tahun 2021 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk masuk ke Universitas Negeri Yogyakarta dengan memilih Program Studi Pendidikan Geografi dan berhasil lulus pada tahun 2006. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S2 di Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada dan berhasil menyelesaikan studi S2 di Prodi Geografi pada tahun 2012. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi S1 Pendidikan Geografi, Jurusan Ilmu dan Teknologi Kebumian, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo. Penulis juga aktif dalam kegiatan ilmiah dan organisasi keprofesian yaitu IGI. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal dan aktif menulis *book chapter*.

Email Penulis: rusiyah@ung.ac.id

- 1 PENGERTIAN DAN KONSEP BENCANA HIDROMETEREOLOGI
Muhammad Ramdhan Ollii
- 2 KLASIFIKASI BENCANA HIDROMETEOROLOGI
Lailissa'adah
- 3 PERAN METEOROLOGI DALAM BENCANA HIDROMETEOROLOGI
Aptu Andy Kurniawan
- 4 HIDROLOGI DAN ALIRAN SUNGAI
Firman
- 5 PRINSIP-PRINSIP MITIGASI BENCANA HIDROMETEREOLOGI
Susilowati
- 6 MANAGEMEN BENCANA HIDROMETEOROLOGI DAN
TANGGAP DARURAT
Any Nurhasanah
- 7 KUALITAS AIR DAN BENCANA PENCEMARAN
Kemala Hadidjah
- 8 PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN
Hilda Alkatiri
- 9 PERUBAHAN IKLIM DAN BENCANA HIDROMETEREOLOGI
Nikodemus P. P. E. Nainiti
- 10 TEKNOLOGI DAN INOVASI DALAM PENGELOLAAN
BENCANA HIDROMETEOROLOGI
Mariati Indah Lestari
- 11 PENDIDIKAN DAN KESADARAN PUBLIK TERKAIT
BENCANA HIDROMETEOROLOGI
Rusiyah

Editor:

Hairil Akbar

Untuk akses **Buku Digital**,
Scan **QR CODE**



Media Sains Indonesia
Melong Asih Regency B.40, Cijerah
Kota Bandung - Jawa Barat
Email : penerbit@medsan.co.id
Website : www.medsan.co.id



ISBN 978-623-195-954-6 (PDF)

