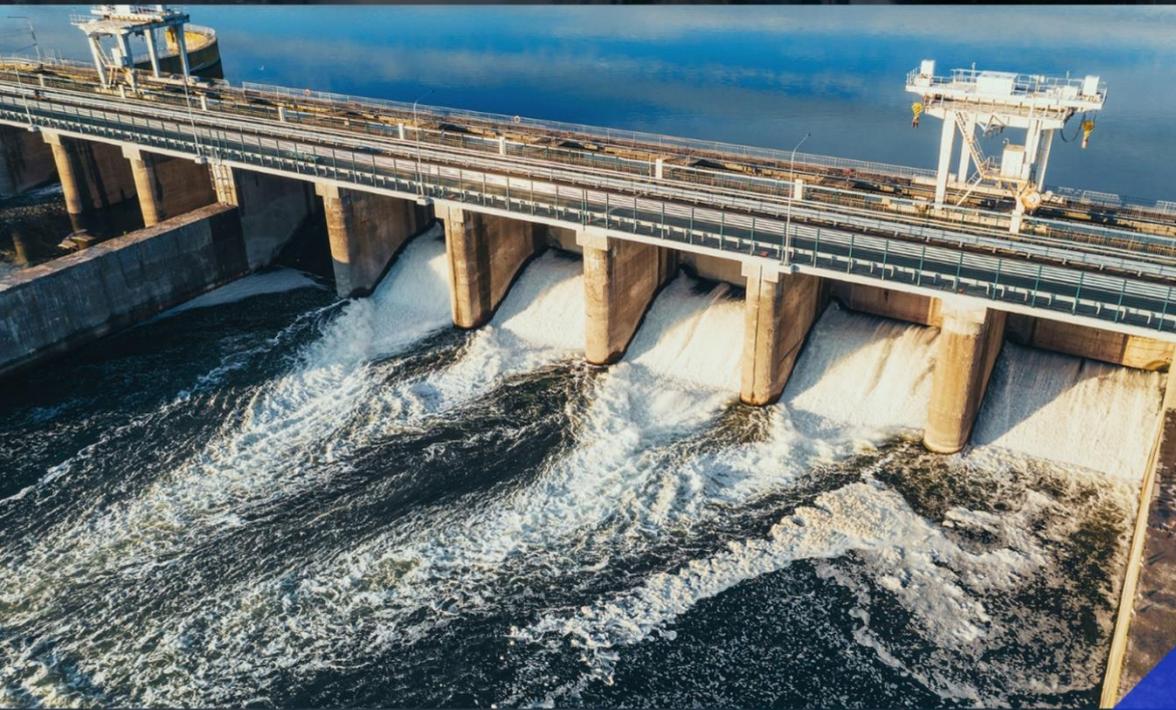


PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR

Editor: Hairil Akbar



Muhammad Ramdhan Oliy
Humairo Saidah | Kemala Hadidjah
Rahmad Hidayat Boli
Septiono Bangun Sugiharto
Any Nurhasanah
Aptu Andy Kurniawan
Mariati Indah Lestari
Safrudin Tolinggi | Susilowati
Jemmy J. S. Dethan
Badrun Ahmad | Aprianto Soni

BUNGA RAMPAI

PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR

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).

PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR

Muhammad Ramdhan Olli
Humairo Saidah
Kemala Hadidjah
Rahmad Hidayat Boli
Septiono Bangun Sugiharto
Any Nurhasanah
Aptu Andy Kurniawan
Mariati Indah Lestari
Safrudin Tolinggi
Susilowati
emmy J. S. Dethan
Badrun Ahmad
Aprianto Soni

Penerbit



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

Anggota IKAPI
No. 370/JBA/2020

PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR

Muhammad Ramdhan Olih
Humairo Saidah | Kemala Hadidjah
Rahmad Hidayat Boli
Septiono Bangun Sugiharto
Any Nurhasanah
Aptu Andy Kurniawan
Mariati Indah Lestari
Safrudin Tolinggi | Susilowati
Jemmy J. S. Dethan
Badrun Ahmad | Aprianto Soni

Editor:

Hairil Akbar

Tata Letak:

Enjellia Putri Zega

Desain Cover:

Manda Aprikasari

Ukuran:

A5 Unesco: 15,5 x 23 cm

Halaman:

viii, 265

ISBN:

978-623-195-688-0

Terbit Pada:

Desember 2023

Hak Cipta 2023 @ 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 “Pengembangan Sumber Daya Air”, 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 Pengembangan Sumber Daya Air.

Sistematika buku ini dengan judul “Pengembangan Sumber Daya Air”, mengacu pada konsep dan pembahasan hal yang terkait. Buku ini terdiri atas 13 bab yang dijelaskan secara rinci dalam pembahasan antara lain mengenai Konsep Dasar Pengembangan Sumber Daya Air; Sistem dan Infrastruktur Sumber Daya Air; Komponen Sumber Daya Air; Potensi Sumber Daya Air; Pengoperasian Waduk; Konservasi Sumber Daya Air; Banjir; Kekeringan; Kualitas Air; Perencanaan Sumber Daya Air; Teknik Optimalisasi Sumber Daya Air; Regulasi Pengembangan Sumber Daya Air; serta Konservasi Daerah Tangkapan Air Berbasis Kearifan Lokal.

Buku ini memberikan nuansa yang berbeda dengan buku lainnya, karena membahas berbagai Pengembangan Sumber Daya Air 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.

Bandung, November 2023

Editor

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
1 KONSEP DASAR PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR	1
Pendahuluan	1
Konsep Pengembangan Sumber Daya Air	2
Prinsip Pengembangan Sumbuer Daya Air.....	5
Tantangan Pengembangan Sumber Daya Air	8
Pengembangan Sumber Daya Air Terpadu (PSDAT)	9
Optimlaisasi Pengembangan Sumber Daya Air Terpadu (PSDAT).....	12
2 SISTEM DAN INFRASTRUKTUR SUMBER DAYA AIR	19
Sistem Sumberdaya Air	19
Infrastruktur Sumber Daya Air.....	22
3 KOMPONEN SUMBER DAYA AIR	47
Air Permukaan.....	47
Aliran Sungai Bawah Tanah	51
Air Tanah.....	53
Desalinasi.....	56
Air Beku	58
4 POTENSI SUMBER DAYA AIR.....	67
Pendahuluan	67
Potensi Sumber Daya Air	68
Identifikasi Sumber Daya Air	71

	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi	
	Ketersediaan Air Bersih	72
	Potensi Pengembangan	73
	Pengelolaan dan Konservasi Sumber Daya Air	75
	Perubahan Iklim dan Dampaknya terhadap	
	Potensi Sumber Daya Air	77
	Konflik Sumber Daya Air	79
5	PENGOPERASIAN WADUK.....	85
	Pentingnya Waduk di dalam Ketersediaan	
	Air dan Kesehatan	85
	Pengoperasian Waduk.....	88
6	KONSERVASI SUMBER DAYA AIR.....	99
	Ketersediaan Air di Bumi	99
	Konservasi Sumber Daya Air.....	100
	Peraturan Pemerintah dan Undang-undang	
	Konservasi Sumber Daya Air di Indonesia.....	102
	Macam-macam Konservasi Sumber Daya Air	103
	Kolam Konservasi Air (Embung).....	104
	Sumur Resapan	106
	Pemanenan Air Hujan (<i>Rain Water Haversting</i>) ..	108
7	BANJIR.....	113
	Asal Usul Banjir.....	113
	Berbagai Aspek Banjir	115
	Perspektif Pengelolaan Banjir.....	116
	Banjir dan Peluang Pengembangan	
	Sumber Daya Air dalam SDG's	120
8	KEKERINGAN	127
	Pengertian Kekeringan	127

	Dampak Kekeringan	132
	Gejala Terjadinya Kekeringan	136
	Mitigasi dan Upaya Pengurangan Risiko Bencana	139
9	KUALITAS AIR	151
	Definisi dan Parameter Kualitas Air	151
	Parameter Fisika.....	152
	Parameter Kimia	155
	Parameter Biologi.....	157
	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Air.....	160
	Faktor Alam.....	161
	Faktor Antropogenik	168
10	PERENCANAAN SUMBER DAYA AIR.....	189
	Pendahuluan	189
	Dasar-Dasar Perencanaan Sumber Daya Air.....	190
	Perencanaan dan Pengelolaan Sumber Daya Air	193
11	TEKNIK OPTIMALISASI SUMBER DAYA AIR	209
	Mengapa Sumber Daya Air Perlu dioptimalkan?.....	209
	Tujuan Optimalisasi Sumber Daya Air adalah ...	210
	Prinsip Optimalisasi Sumber Daya Air	210
	Teknik Peningkatan Ketersediaan Air	210
	Teknik Penghematan Air.....	213
	Pembangunan Waduk dan Bendungan.....	214
	Aspek Lingkungan dalam Pembangunan Waduk dan Bendungan	214

Aspek Teknis dalam Pembangunan Jaringan Irigasi.....	215
Perencanaan dan Desain Jaringan Irigasi	215
Aspek Ekonomi dan Sosial.....	216
Pembangunan Sistem Penyediaan Air Minum	217
Sumber Air	217
Instalasi Pengolahan Air	217
Jaringan Distribusi Air	218
Aspek Kualitas Air dan Kapasitas Pelayanan	218
Sarana Pengolahan Air Limbah.....	219
Aspek Pengelolaan Air Limbah	219
Aspek Lingkungan dan Perlindungan Sungai.....	220
Aspek Kesehatan Masyarakat	220
Pemanfaatan Air Tanah	220
Sumber Air Tanah	221
Aspek Teknis dalam Pemanfaatan Air Tanah	221
Aspek Lingkungan dalam Pemanfaatan Air Tanah.....	221
Aspek Keberlanjutan dalam Pemanfaatan Air Tanah.....	222
Teknik Penghematan Air	223
Aspek Pertanian.....	223
Aspek Industri	223
Mendaur Ulang Air	224
Metode Mendaur Ulang Air	224
12 REGULASI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR	229
Pendahuluan	229

	Konsep Dasar Regulasi	231
	Materi Pokok Undang-Undang dan Perpres.....	233
	Sejarah Regulasi Pengembangan SDA.....	235
	Sistem Hukum di Indonesia dan Tantangan Ke depan	236
	Pendayagunaan Sumber Daya Air untuk Kepentingan Usaha.....	239
	Solusi dan Substansi Regulasi.....	241
13	KONSERVASI DAERAH TANGKAPAN AIR BERBASIS KEARIFAN LOKAL	249
	Air Tanah.....	249
	Daerah Konservasi Air Tanah	253
	Koservasi Daerah Tangkapan Air Berbasis Kearifan Lokal.....	257

KONSEP DASAR PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR

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

Pendahuluan

Pengembangan sumber daya air adalah suatu konsep yang sangat relevan dalam konteks global yang diwarnai oleh pertumbuhan populasi yang cepat, urbanisasi, perubahan iklim (Yang, et al., 2021), dan permintaan air yang semakin meningkat. Sumber daya air memiliki peran penting dalam menjaga keberlanjutan kehidupan manusia, mendukung sektor ekonomi, serta memelihara keanekaragaman ekosistem. Namun, pengelolaan yang kurang efisien, penyalahgunaan, dan degradasi lingkungan telah mengakibatkan tantangan serius dalam pengelolaan sumber daya air (Zaman & Hedayetullah, 2022).

Dalam konsep pengembangan sumber daya air, upaya tidak hanya difokuskan pada aspek teknis dan ekonomi semata, tetapi juga memperhatikan dampak sosial, lingkungan, dan kultural yang terkait (Mishra, et al., 2021). Pendekatan ini bertujuan untuk mencapai keseimbangan antara kebutuhan manusia, pelestarian lingkungan, dan keberlanjutan jangka panjang. Konsep

ini juga menghargai pentingnya melibatkan masyarakat lokal, pemerintah, sektor swasta, dan berbagai pemangku kepentingan lainnya dalam proses pengambilan keputusan.

Perubahan iklim (*climate change*) dan pemanasan global (*global warming*) yang semakin terasa memberikan tekanan tambahan pada sumber daya air. Pola curah hujan yang tidak terprediksi, peningkatan suhu, dan peningkatan frekuensi bencana alam seperti banjir dan kekeringan semakin memperumit pengembangan sumber daya air (Clarke, et al., 2022). Oleh karena itu, konsep pengembangan sumber daya air harus adaptif terhadap perubahan lingkungan yang terus menerus.

Konsep Pengembangan Sumber Daya Air

Konsep pengembangan sumber daya air adalah pendekatan yang dirancang untuk memanfaatkan dan mengelola sumber daya air secara berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan manusia, mendukung pertumbuhan ekonomi, melindungi lingkungan, dan memastikan ketersediaan air bersih di masa depan (Loucks, 2000). Ini melibatkan perencanaan, pengelolaan, dan pemanfaatan sumber daya air dengan mempertimbangkan berbagai aspek, termasuk ekologi, sosial, ekonomi, dan teknis (Rajan, 2015). Konsep ini mencakup tiga aspek utama (Gambar 1.1), yaitu:

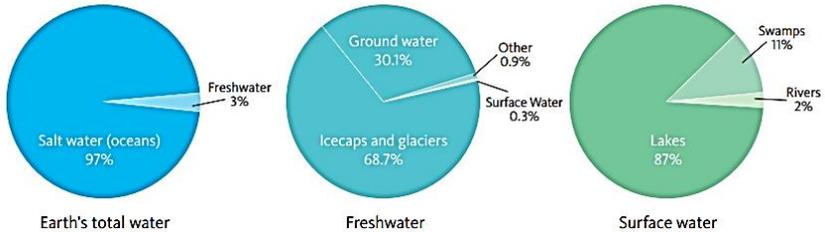


Gambar 1.1. Konsep Pengembangan Sumber Daya Air

1. Konservasi sumber daya air adalah suatu pendekatan yang bertujuan untuk melindungi, memelihara, dan mengelola sumber daya air secara bijaksana dan berkelanjutan. Ini mencakup serangkaian tindakan untuk mengurangi pemborosan air, mempertahankan kualitas air yang baik, dan memastikan ketersediaan air bersih di masa depan. Upaya konservasi meliputi penggunaan air yang efisien di rumah tangga, pertanian, dan industri, restorasi ekosistem air, pengendalian erosi dan polusi, serta pendidikan masyarakat tentang pentingnya pemeliharaan sumber daya air. Konservasi sumber daya air adalah kunci untuk menjaga keberlanjutan ekosistem air, mengatasi masalah seperti kekeringan dan banjir, dan memastikan bahwa air tetap tersedia untuk kebutuhan manusia dan ekosistem di masa depan.

2. Pendayagunaan sumber daya air adalah proses yang melibatkan pengelolaan, penggunaan, dan pemeliharaan air dalam segala bentuknya untuk memenuhi kebutuhan manusia, mendukung pertumbuhan ekonomi, melindungi lingkungan, dan menjaga keberlanjutan sumber daya air. Sebaran sumber daya air di bumi diilustrasikan pada Gambar 1.2, dimana pengalokasian air untuk berbagai sektor seperti air minum, pertanian, industri, dan lingkungan, serta pemanfaatan yang efisien dan bertanggung jawab untuk memastikan air tersedia bagi masyarakat saat ini dan masa depan. Pendayagunaan sumber daya air juga mencakup upaya untuk mengatasi tantangan seperti peningkatan permintaan air, perubahan iklim, polusi air, dan konflik penggunaan, dengan fokus pada keberlanjutan ekosistem air dan kebutuhan manusia. Dengan pengelolaan yang baik dan berkelanjutan, pendayagunaan sumber daya air dapat menjadi kunci untuk menjaga keseimbangan antara kebutuhan manusia dan pelestarian sumber daya air yang penting bagi kehidupan di bumi.
3. Pengendalian daya rusak air adalah suatu rangkaian tindakan yang dilakukan untuk melindungi dan menjaga kualitas sumber daya air dari kerusakan dan degradasi. Hal ini mencakup berbagai strategi dan praktik yang bertujuan untuk mencegah pencemaran air, menjaga keberlanjutan ekosistem perairan, serta mengatur penggunaan air secara bijak. Pengendalian daya rusak air dapat mencakup pemantauan kualitas air, regulasi penggunaan air oleh pemerintah, peningkatan teknologi pengolahan limbah, kampanye kesadaran lingkungan, dan promosi praktik pertanian berkelanjutan yang mengurangi erosi tanah. Upaya-upaya ini penting karena air adalah sumber kehidupan yang esensial,

dan pengendalian daya rusak air bertujuan untuk memastikan bahwa sumber daya ini tetap tersedia dan berkelanjutan bagi generasi mendatang.



Gambar 1.2. Distribusi sumber air di bumi
Stockholm International Water Institute (SIWI) (2020)

Prinsip Pengembangan Sumber Daya Air

Prinsip pengembangan sumber daya air adalah kerangka kerja yang mengarahkan upaya-upaya dalam mengelola dan memanfaatkan sumber daya air dengan berkelanjutan. Prinsip-prinsip pengembangan sumber daya air dapat dilihat pada Gambar 1.3. Prinsip tersebut juga menekankan pentingnya perencanaan jangka panjang, adaptasi terhadap perubahan iklim, dan pemantauan terus-menerus terhadap kualitas air. Dengan mematuhi prinsip-prinsip pengembangan sumber daya air ini, kita dapat menjaga ketersediaan air yang mencukupi bagi kebutuhan manusia dan ekosistem, sambil meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan masyarakat. Prinsip-prinsip tersebut diuraikan sebagai berikut (Stockholm International Water Institute (SIWI), 2020):



Gambar 1.3. Prinsip-prinsip pengembangan sumber daya air

1. Pemanfaatan Air yang Adil dan Berkeadilan: Prinsip ini menekankan pentingnya pendekatan yang adil dalam alokasi dan distribusi air. Artinya, semua sektor dan komunitas harus memiliki akses yang sama dan adil terhadap sumber daya air tanpa diskriminasi. Hal ini juga mencakup perlindungan hak-hak tradisional masyarakat terhadap air dan upaya untuk menghindari monopoli atau eksploitasi sumber daya air oleh pihak-pihak tertentu.
2. Perlindungan Ekosistem Perairan yang Sensitif: Prinsip ini mendorong pelestarian ekosistem perairan yang penting untuk keanekaragaman hayati dan keseimbangan ekosistem. Upaya ini termasuk dalam melindungi dan merestorasi lahan basah, sungai, dan ekosistem air lainnya serta menjaga aliran air yang alami. Perlindungan ekosistem perairan juga melibatkan pembatasan aktivitas yang merusak seperti pembanjiran, penggalian, dan pembangunan di daerah-daerah rawan air.

3. Pengelolaan Air yang Efisien dan Bijak: Prinsip ini menekankan penggunaan air secara efisien, menghindari pemborosan air, dan mempromosikan teknologi yang hemat air. Hal ini termasuk dalam penggunaan teknik irigasi yang lebih canggih, pemantauan kebocoran dalam sistem penyediaan air, serta praktik-praktik pertanian yang mengurangi evaporasi air. Pengelolaan bijak juga melibatkan siklus air yang berkelanjutan dan pengurangan limbah cair.
4. Kolaborasi Lintas Sektor dan Lintas Wilayah: Prinsip ini menggarisbawahi pentingnya kerja sama antara berbagai sektor seperti pertanian, industri, lingkungan, dan pemerintah dalam mengelola sumber daya air. Kolaborasi lintas sektor memungkinkan untuk memahami dan mengatasi konflik kepentingan dalam penggunaan air serta menciptakan solusi yang lebih holistik dan berkelanjutan. Selain itu, kerja sama lintas wilayah juga penting dalam mengelola air, karena banyak sungai dan sumber air melintasi batas administratif.
5. Pengambilan Keputusan Berbasis Ilmu Pengetahuan dan Partisipasi Masyarakat: Prinsip ini mendorong pengambilan keputusan yang didasarkan pada bukti ilmiah dan data yang akurat. Selain itu, melibatkan masyarakat dalam proses pengambilan keputusan terkait air adalah kunci. Partisipasi masyarakat memungkinkan mereka untuk berkontribusi pada perencanaan, pelaksanaan, dan pemantauan kebijakan terkait air serta memastikan bahwa kepentingan dan kebutuhan mereka diakomodasi.

Tantangan Pengembangan Sumber Daya Air

Tantangan yang dihadapi dalam pengembangan sumber daya air mencakup sejumlah masalah kritis. Pertama, ketersediaan air yang terbatas menjadi hambatan utama, terutama di wilayah-wilayah pesisir dan kepulauan. Faktor geografis dan ketidaksetaraan distribusi sumber daya air memicu masalah akses yang kompleks dan mengakibatkan persaingan yang meningkat antara kebutuhan beragam sektor, seperti domestik, pertanian, dan industri.

Tantangan kedua adalah penurunan kualitas air akibat pencemaran. Aktivitas manusia, termasuk industri, pertanian intensif, dan perkembangan perkotaan, telah menyebabkan peningkatan pencemaran air oleh limbah industri, bahan kimia berbahaya, dan limbah organik. Dampak negatif ini tidak hanya merugikan kesehatan manusia, tetapi juga mengancam kelangsungan ekosistem perairan yang rentan.

Tabel 1.1. Tantangan dan Upaya Pengembangan Sumber Daya Air

Tantangan	Upaya
Ketersediaan air yang terbatas, terutama di wilayah pesisir dan kepulauan.	<ol style="list-style-type: none">1. Pemanfaatan teknologi hemat air seperti desalinasi untuk wilayah pesisir.2. Pengembangan infrastruktur penyimpanan air seperti bendungan dan waduk.3. Pengelolaan air yang bijak untuk menghindari pemborosan dan penyalahgunaan.
Kualitas air yang menurun akibat pencemaran.	<ol style="list-style-type: none">1. Pengawasan dan pengendalian ketat terhadap limbah industri dan pertanian.2. Peningkatan sistem pengelolaan air limbah.3. Edukasi masyarakat tentang pentingnya menjaga kualitas air.
Dampak perubahan	<ol style="list-style-type: none">1. Perencanaan adaptasi terhadap

iklim, seperti kekeringan dan banjir.	<p>perubahan iklim yang mencakup manajemen risiko banjir dan kekeringan.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Pengembangan sistem pengelolaan air yang lebih fleksibel untuk menghadapi variasi curah hujan. 3. Promosi penggunaan energi terbarukan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca.
---------------------------------------	--

Ketiga, dampak perubahan iklim seperti kekeringan dan banjir semakin menjadi masalah yang mendesak. Perubahan pola cuaca dan curah hujan yang tidak stabil mengancam ketersediaan air yang konsisten. Periode kekeringan yang panjang di beberapa daerah berdampak pada produksi pangan dan pasokan air, sementara banjir yang lebih sering terjadi menyebabkan kerugian besar bagi masyarakat dan ekonomi.

Menghadapi tantangan ini memerlukan pendekatan holistik dan kolaboratif. Perencanaan yang bijak dalam manajemen air, pengendalian pencemaran, adaptasi terhadap perubahan iklim, serta investasi dalam infrastruktur air yang modern menjadi kunci dalam pengembangan sumber daya air yang berkelanjutan. Penting juga untuk melibatkan pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta dalam upaya bersama menjaga ketersediaan air yang vital bagi kehidupan dan lingkungan di masa depan. Upaya-upaya yang dapat dilakukan mengatasi tantangan di atas dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Pengembangan Sumber Daya Air Terpadu (PSDAT)

Pengembangan sumber daya air terpadu (PSDAT) adalah suatu konsep dan pendekatan yang mengintegrasikan berbagai aspek yang terkait dengan pengelolaan dan pengembangan sumber daya air dalam suatu sistem yang menyeluruh dan berkelanjutan. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan ketersediaan air yang

memadai untuk memenuhi kebutuhan manusia, industri, dan pertanian, sambil menjaga kelestarian ekosistem perairan dan mengurangi risiko bencana seperti banjir dan kekeringan. Pengembangan sumber daya air terpadu beserta contoh-contohnya sebagai berikut (The Global Water Partnership (GWP) and the International Network of Basin Organizations (INBO), 2009):

1. Koordinasi Antara Sektor: PSDAT mengharuskan berbagai sektor yang menggunakan air, seperti pertanian, industri, lingkungan, dan pemukiman, untuk bekerja sama dan berkoordinasi dalam penggunaan sumber daya air. Tujuannya adalah untuk menghindari konflik dan persaingan yang mungkin terjadi dalam penggunaan sumber daya air yang terbatas. Contohnya adalah alokasi air yang lebih efisien antara pertanian dan industri untuk menghindari konflik kepentingan.
2. Manajemen Ketersediaan Air: Pengelolaan air yang bijak termasuk dalam perencanaan dan manajemen ketersediaan air yang mencakup pengelolaan aliran sungai, bendungan, waduk dan reservoir air, serta alokasi air yang berkelanjutan untuk berbagai keperluan, seperti air minum, irigasi, dan industri. Sebagai contoh, proyek manajemen air yang terpadu dapat menggabungkan penggunaan air untuk irigasi pertanian dan penyediaan air minum bagi masyarakat dalam satu sistem.
3. Pemulihan dan Konservasi: PSDAT memperhatikan pemulihan ekosistem air tawar yang rusak dan konservasi sumber daya air. Ini termasuk dalam menjaga keanekaragaman hayati, aliran air yang alami, dan lahan basah yang penting untuk menjaga ekosistem perairan yang sehat. Contoh konservasi adalah upaya rehabilitasi lahan basah yang penting bagi ekosistem perairan dan penyimpanan air alami yang dapat mengurangi risiko banjir.

4. **Manajemen Risiko Bencana:** Dalam menghadapi perubahan iklim, manajemen risiko bencana adalah elemen penting. Ini termasuk dalam membangun infrastruktur tahan bencana, mengidentifikasi area rawan bencana, dan merencanakan respons darurat. Contoh implementasi PSDAT adalah proyek perencanaan tanggul dan drainase yang terintegrasi untuk mengurangi risiko banjir.
5. **Pengendalian Pencemaran:** Upaya pengendalian pencemaran air dari berbagai sumber, seperti limbah industri dan pertanian, adalah komponen penting dalam PSDAT. Regulasi yang ketat dan pemantauan berkala diperlukan untuk memastikan air tetap bersih dan aman untuk digunakan. Contoh konkret adalah penggunaan teknologi modern untuk mengurangi pelepasan polutan dari pabrik industri.
6. **Partisipasi Masyarakat:** Melibatkan masyarakat dalam pengambilan keputusan adalah prinsip kunci dalam PSDAT. Partisipasi ini membantu memahami kebutuhan dan kekhawatiran mereka serta mendapatkan dukungan untuk solusi yang diusulkan. Contohnya, dalam pengelolaan sungai, masyarakat lokal dapat berperan dalam pemantauan kualitas air dan pemeliharaan sungai.
7. **Pemanfaatan Teknologi:** PSDAT sangat bergantung pada teknologi modern untuk memaksimalkan pengelolaan air secara efisien, berkelanjutan, dan adaptif. Salah satu manfaat utama teknologi dalam konteks ini adalah kemampuannya untuk memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang kondisi sumber daya air. Melalui sistem pemantauan dan pengukuran yang canggih, seperti sensor satelit, stasiun cuaca otomatis, dan peralatan pemantauan lapangan yang terhubung ke jaringan komunikasi, kita dapat memperoleh data yang akurat mengenai

ketersediaan air, kualitas air, curah hujan, dan variabel penting lainnya. Data ini menjadi dasar untuk pengambilan keputusan yang tepat dalam perencanaan penggunaan air dan pengelolaan ekosistem air yang kompleks. Contoh adalah penggunaan SIG untuk pemetaan sumber daya air.

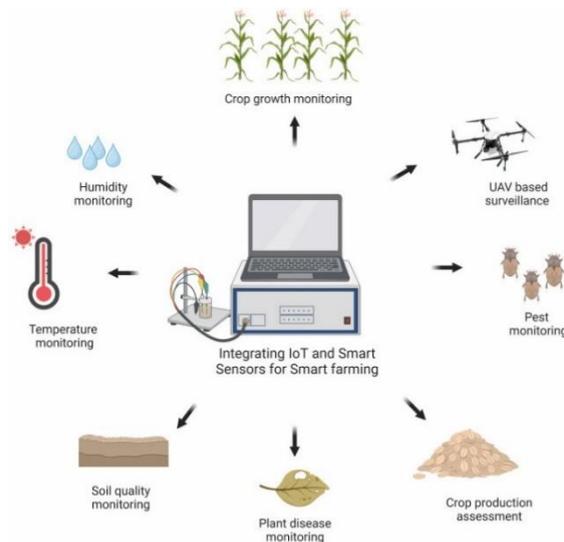
8. Edukasi dan Kesadaran: Kampanye edukasi dan komunikasi publik tentang pentingnya pengelolaan air yang berkelanjutan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat. Kampanye edukasi dan komunikasi publik dapat membantu menciptakan pemahaman yang lebih baik tentang isu-isu air. Contohnya adalah program edukasi tentang hemat air di sekolah-sekolah.
9. Evaluasi dan Perbaikan Berkelanjutan: Proses PSDAT harus dievaluasi secara berkala, dan perbaikan harus diadopsi berdasarkan hasil evaluasi. Ini memungkinkan penyesuaian dengan perubahan kondisi dan peningkatan dalam manajemen sumber daya air. Misalnya, berdasarkan hasil pemantauan air, langkah-langkah perbaikan dapat diambil untuk meningkatkan kualitas air di sungai yang penting bagi lingkungan setempat.

Optimalisasi Pengembangan Sumber Daya Air Terpadu (PSDAT)

Optimalisasi pengembangan sumber daya air terpadu (PSDAT) merupakan pendekatan yang krusial untuk menghadapi tantangan berkelanjutan dalam pengelolaan air. Pertama-tama, penting untuk memprioritaskan pengumpulan dan pemantauan data yang akurat terkait dengan sumber daya air (Ewuzie et al., 2021). Ini mencakup pengukuran ketersediaan air, kualitas air, debit sungai, curah hujan, dan parameter lainnya. Data yang akurat adalah fondasi dari pengambilan keputusan

yang cerdas dan perencanaan yang efektif dalam konteks pengembangan sumber daya air terpadu. Teknologi modern seperti sensor, sistem pemantauan jarak jauh, dan perangkat lunak analitik memainkan peran kunci dalam menghasilkan data yang akurat dan *real-time* ini.

Kedua, pengoptimalan penggunaan air adalah aspek penting dalam pengembangan sumber daya air terpadu (Kucher, et al., 2023). Teknologi dapat membantu dalam identifikasi dan penerapan praktik penggunaan air yang efisien. Contohnya adalah penggunaan *Internet of Things* (IoT) dalam irigasi pertanian yang dapat mengukur faktor-faktor lingkungan secara akurat dan memberikan air hanya pada saat yang diperlukan (Gambar 1.4). Sistem ini mengurangi pemborosan air dan memastikan bahwa penggunaan air di bidang pertanian lebih berkelanjutan. Selain itu, teknologi juga mendukung upaya pemulihan air limbah untuk digunakan kembali, sehingga mengurangi tekanan terhadap sumber daya air segar.



Gambar 1.4. Penerapan IoT terintegrasi dan sensor pintar untuk pertanian (Rajak, et al., 2023)

Ketiga, kolaborasi dan koordinasi antara pemangku kepentingan adalah kunci dalam pengembangan sumber daya air terpadu (Galvez & Rojas, 2019). Teknologi informasi dan komunikasi (*Information and Communication Technology/ICT*) memainkan peran penting dalam memfasilitasi komunikasi yang efektif dan berbagi informasi di antara berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, sektor swasta, masyarakat sipil, dan akademisi. Dengan akses yang lebih baik terhadap data dan informasi, serta platform kolaboratif yang memungkinkan berbagai pemangku kepentingan untuk berpartisipasi dalam proses pengambilan keputusan, optimalisasi pengembangan sumber daya air terpadu dapat dicapai lebih efisien dan efektif.

Dalam rangka mencapai tujuan pengembangan sumber daya air terpadu, teknologi harus diintegrasikan secara cermat dengan strategi dan perencanaan yang lebih luas. Dengan data yang akurat, penggunaan air yang efisien, dan kolaborasi yang kuat, pengembangan sumber daya air terpadu dapat menjadi alat yang kuat dalam menjaga ketersediaan air yang cukup untuk semua kebutuhan manusia, menjaga ekosistem air yang penting, dan menjawab tantangan perubahan iklim yang semakin kompleks.

Daftar Pustaka

- Clarke, B., Otto, F., Stuart-Smith, R., & Harrington, L. (2022). Extreme weather impacts of climate change: an attribution perspective. *Environmental Research: Climate*, 1, 1–25. <https://doi.org/10.1088/2752-5295/ac6e7d>
- Loucks, D.P., (2000). Sustainable Water Resources Management, *Water International*, 25:1, 3-10, DOI: 10.1080/02508060008686793
- Mishra, B.K., Kumar. P., Saraswat, C., Chakraborty, S., & Gautam, A. (2021). Water Security in a Changing Environment: Concept, Challenges and Solutions. *Water*. 13(4):490. <https://doi.org/10.3390/w13040490>
- Rajak, P., Ganguly, A., Adhikary, S., & Bhattacharya, S. (2023). Internet of Things and smart sensors in agriculture: Scopes and challenges, *Journal of Agriculture and Food Research*, Vol. 14, 100776, ISSN 2666-1543, <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100776>.
- Zaman, A., & Hedayetullah, M. (2022). *Sustainable Water Resource Development and Management (1st ed.)*. Apple Academic Press. <https://doi.org/10.1201/9781003180494>
- Rajan, K. (2015). Water resource development: Concept and Strategy. 10.13140/RG.2.1.4815.7921.
- Galvez, V, & Rojas, R. (2019). Collaboration and Integrated Water Resources Management: A Literature Review. *World Water Policy*. 5: 179–191. <https://doi.org/10.1002/wwp2.12013>
- Yang, D., Yang, Y., & Xia, J. (2021). Hydrological cycle and water resources in a changing world: A review, *Geography and Sustainability*, (2): 115-122, <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.05.003>.

Kucher, A., Krupin, V., Rudenko, D., Kucher, L., Serbov, M., & Gradziuk, P. (2023). Sustainable and Efficient Water Management for Resilient Regional Development: The Case of Ukraine. *Agriculture*, 13(7), 1367.

<http://dx.doi.org/10.3390/agriculture13071367>

Ewuzie, U., Aku, N. O., & Nwankpa, S.U (2021), An appraisal of data collection, analysis, and reporting adopted for water quality assessment: A case of Nigeria water quality research, *Heliyon*, 7(9), <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07950>.

The Global Water Partnership (GWP) and the International Network of Basin Organizations (INBO) (2009). *A Handbook for Integrated Water Resources Management in Basins*. Elanders: Sweden.

Stockholm International Water Institute (SIWI) (2020). *Principles and Practices of Integrated Water Resources Management Workplace-based Professional Training*. Stockholm International Water Institute (SIWI): Sweden.

Profil Penulis



Dr. Ir. Muhammad Ramdhan Oliy, 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. 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, dan BPDAS Bone Bolango.

Email Penulis: kakaramdhanolii@gmail.com

SISTEM DAN INFRASTRUKTUR SUMBER DAYA AIR

Humairo Saidah, S.T., M.T.
Universitas Mataram

Sistem Sumberdaya Air

Sistem sumberdaya air merupakan hubungan yang kompleks antar berbagai komponen yang terlibat dalam pengelolaan sumberdaya air, mulai dari pihak yang mengelola, obyek yang dikelola dan untuk keperluan apa. Sistem sumber daya air dapat difahami sebagai kerangka kerja antar berbagai aspek tersebut dalam menjamin ketersediaan, aksesibilitas, dan keberlanjutan sumber daya air yang merupakan sumber daya alam yang vital bagi kehidupan manusia dan ekosistem.

Agar sistem sumber daya air dapat memberikan fungsi secara maksimal dan berkesinambungan maka pengelolaannya harus senantiasa memperhatikan kapasitas daya dukungnya. Tekanan atas sumber daya yang berlebihan sebagai akibat peningkatan jumlah penduduk yang disertai peningkatan kebutuhan sandang, pangan, papan dan energi dapat menjadi pencetus terjadinya krisis air. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengelolaan yang terpadu, berwawasan lingkungan dan berkelanjutan. Yang dimaksud terpadu adalah pengelolaannya melibatkan semua stakeholder (pemangku kepentingan) antarsektor dan antarwilayah.

Berwawasan lingkungan berarti kebijakan pengelolaannya mengedepankan prinsip keseimbangan ekosistem dan daya dukung lingkungan. Berkelanjutan adalah pengelolaan sumber daya air tidak hanya untuk kepentingan saat ini, namun juga untuk kepentingan generasi yang akan datang.

Sejauh ini peningkatan jumlah penduduk telah secara nyata mengakibatkan pengurangan areal hutan. Sebagai kawasan yang menyimpan sumberdaya hayati melimpah, hutan sering dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan pangan, papan dan kebutuhan hidup lainnya. Padahal hutan memegang peranan penting dan krusial sebagai kawasan penyangga tata air sekaligus konservasi mata air. Peningkatan intensitas alih fungsi lahan dari hutan ke bentuk lainnya dapat menurunkan kualitas lingkungan secara umum utamanya kemampuan fungsi hidrologis daerah aliran sungai, seperti menurunnya kapasitas peresapan air tanah, meningkatnya limpasan permukaan, tingginya fluktuasi debit antara debit maksimum di musim hujan (Q_{maks}) dan debit minimum di musim kemarau (Q_{min}), meningkatnya resiko dan kejadian bencana hidrometeorologis seperti banjir dan kekeringan, dan sebagainya.

Dalam upaya menciptakan pendekatan pengelolaan DAS yang baik diperlukan perencanaan secara terpadu yang didukung oleh pengelolaan sumberdaya lahan dan air dari hulu sampai hilir.

Dapat dikatakan komponen sistem sumber daya air terdiri dari:

1. Pemegang peran pengelolaan (role player)

Pemegang peran dalam hal ini adalah pelaku atau subyek dari komponen pengelolaan sumber daya air. Bertindak sebagai pemeran utama di sini adalah Pemerintah dan Masyarakat pengguna. Pemerintah melalui departemen dan dinas terkait yang berkepentingan dengan pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya air, seperti Dinas Pekerjaan Umum, Dinas Pertanian, Dinas Perikanan, Dinas Kehutanan dan Dinas lainnya menjadi badan regulasi yang bertanggung jawab pada perumusan dan pengimplementasian kebijakan yang terkait dengan air. Sementara Masyarakat pengguna air adalah individu atau kelompok Masyarakat yang memanfaatkan keberadaan air mulai untuk keperluan rumah tangga, pertanian, industri dan pemanfaatan lainnya. Pengguna air berperan dalam pengelolaan sumber daya air dengan cara mematuhi regulasi yang ada serta berkontribusi pada keberlanjutan pengelolaan sumber daya air.

2. Obyek pengelolaan

Dalam pengelolaan sumber daya air, yang menjadi objek pengelolaan adalah sumber daya air itu sendiri, baik air dalam bentuk fisik maupun daya yang dimiliki, meliputi air permukaan dan bawah permukaan, termasuk sumber daya lahan dan sumber daya alam terkait lainnya. Yang termasuk sumber daya air permukaan di antara ialah air Sungai, danau, dan mata air. Keberadaan dan kondisi sumber daya air akan sangat menentukan jenis kegiatan pengelolaan yang dipilih, seperti

kegiatan pemantauan, pelestarian, perlindungan, dan pemulihan sumber daya air untuk menjamin ketersediaan air secara kuantitas maupun kualitas yang baik.

3. Jenis pengelolaan

Jenis pengelolaan merupakan jenis pemanfaatan air diantaranya untuk irigasi, perikanan, air bersih, PLTA, industri, dan sebagainya. Termasuk pemanfaatan air untuk konservasi yaitu untuk menjaga ekosistem air tawar, seperti sungai, hutan bakau, rawa-rawa, serta menyediakan yang dibutuhkan habitat kehidupan akuatik.

Infrastruktur Sumber Daya Air

Upaya mewujudkan kesejahteraan dan kemajuan bagi suatu bangsa dilakukan melalui pembangunan di berbagai bidang. Pembangunan yang merata dan berimbang dapat membantu tercapainya tingkat pertumbuhan ekonomi yang diharapkan serta dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Pembangunan dapat bersifat fisik maupun non fisik yang pada dasarnya menyediakan suatu infrastruktur untuk kehidupan yang lebih baik.

Infrastruktur merupakan fasilitas yang disediakan untuk menunjang kehidupan masyarakat, baik berbentuk secara fisik maupun non fisik, seperti bangunan (Gedung, rumah sakit, sekolah, sarana ibadah dan sebagainya), jalan, jembatan, air bersih dan sanitasi, jaringan telepon, pasokan energi, koneksi internet, dan masih banyak lagi. Sehingga dapat diartikan infrastruktur merupakan kumpulan sistem, fasilitas, dan struktur fisik yang dibangun dan diatur untuk

mendukung berbagai kegiatan manusia. Infrastruktur memegang peran penting bagi Masyarakat.

Menurut Kamus Digital Pengembangan Wilayah yang dikeluarkan oleh Kementerian PUPR, infrastruktur adalah “fasilitas teknis, fisik, sistem, perangkat keras, dan lunak yang diperlukan untuk melakukan pelayanan kepada masyarakat dan mendukung jaringan struktur agar pertumbuhan ekonomi dan sosial masyarakat dapat berjalan dengan baik; sistem fisik dasar dari sebuah bisnis atau bangsa; transportasi, komunikasi, limbah, air dan sistem listrik merupakan contoh infrastruktur, sistem infrastruktur cenderung investasi biaya tinggi, tetapi sangat penting untuk pembangunan ekonomi dan kemakmuran suatu negara”(Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, 2017).

Infrastruktur bertindak sebagai tulang punggung yang mendukung aktivitas ekonomi dan sosial suatu negara atau wilayah sehingga memungkinkan mobilitas barang dan orang, menghubungkan komunitas, mendukung produksi dan perdagangan, serta menyediakan layanan penting seperti air bersih, listrik, dan komunikasi. Oleh karena itu, infrastruktur memiliki peran yang sangat penting dalam meningkatkan kualitas hidup, pertumbuhan ekonomi, dan perkembangan sosial.

Infrastruktur sumber daya air merupakan sarana dan prasarana yang diadakan untuk tujuan memelihara, mengelola, memanfaatkan dan mengendalikan daya rusak sumber daya air baik air permukaan maupun air bawah permukaan. Berikut ini diuraikan berapa jenis infrastruktur sumber daya air utama yang banyak ditemui di Indonesia.

1. Bendungan

Bendungan dalam bahasa asing dikenal dengan istilah *dam*, adalah bangunan yang dibangun untuk membentuk waduk (tampungan air). Dapat dibangun melintang palung sungai atau di luar palung sungai agar menyimpan/menampung air pada saat berlebih (musim hujan) dan memanfaatkannya pada saat air kurang (musim kemarau) untuk memenuhi kebutuhan irigasi, air bersih, PLTA, reduksi banjir serta untuk keperluan lainnya. Tidak hanya untuk menampung air, pembangunan bendungan dapat juga ditujukan untuk menampung hasil tambang, limbah tambang (*tailing*), atau juga lumpur.

Tipe bendungan dapat diklasifikasikan menurut berbagai sudut pandang, berdasar ukurannya, tujuan pembangunannya, penggunaannya, berdasarkan jalannya air, berdasarkan konstruksinya, berdasarkan fungsinya dan berdasar klasifikasi menurut ICOLD (*International Committee on Large Dam*).

Bendungan adalah infrastruktur utama sumber daya air yang memiliki banyak fungsi, diantaranya ialah:

a. Pengendali banjir

Sebagai badan air yang memiliki tampungan besar, bendungan dapat menjadi pengatur aliran sungai di bagian hilirnya. Fungsi pengaturan air ini membuat aliran sungai di bawahnya menjadi lebih stabil sepanjang tahun. Fungsi ini dikenal juga sebagai pengendali banjir karena kemampuannya menampung sebagian debit banjir pada musim hujan, yang jika tidak dikendalikan akan menjadi beban bagi wilayah hilir.

Hampir semua bendungan dapat berfungsi sebagai pengendali banjir, namun ada beberapa bendungan yang sengaja dibangun untuk tujuan utama sebagai pengendali banjir seperti Bendungan Ciawi dan Bendungan Cimahi di Jawa Barat untuk pengendali banjir kota Jakarta, Bendungan H.M. Ardans di Kalimantan Timur untuk pengendalian banjir kota Samarinda, Bendungan Kuwil Kawangkoan di Sulawesi Utara untuk pengendali banjir di Kota Manado (Budiyanto, 2023; Direktorat Jenderal Sumber Day Air, 2022; Fatimah, 2016), dan lain-lain.

b. Pembangkit Listrik Tenaga Air

Bendungan biasanya dibangun di daerah hulu yang memiliki kontur berbukit, karena lembah diantara dua bukit secara alamiah membentuk cekungan yang dapat dimanfaatkan sebagai waduk. Jika terdapat lokasi yang cocok dan memiliki beda tinggi yang cukup besar, maka dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin PLTA dan menghasilkan listrik. Semakin besar debit yang mampu dilewatkan dan semakin besar tinggi jatuhnya maka akan semakin besar pula energi yang dihasilkan.

Beberapa contoh bendungan untuk PLTA yang telah dibangun di Indonesia diantaranya adalah: (1). Bendungan Musi di Sungai Musi di Provinsi Bengkulu, memiliki kapasitas 201 MW (3x70MW) menggunakan PLTA *type run off river* (Kementerian Sumber Daya Mineral, 2006); (2). Bendungan Cirata, Bendungan Saguling dan Bendungan Jati luhur adalah bendungan seri yang ada di Sungai Citarum di Provinsi Jawa Barat. Ketiga bendungan tersebut

memiliki PLTA yang dikenal dengan PLTA Saguling, PLTA Cirata dan PLTA Jati Luhur dengan kapasitas berturut-turut sebesar 700.72 MW, 1008 MW, dan 187 MW. PLTA Cirata merupakan PLTA terbesar se-Asia Tenggara (Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan, 2020; Perum jasa Tirta II, 2023; PT PLN (Persero), 2021); (3) Bendungan seri di sepanjang aliran Sungai Asahan di Sumatera Utara yaitu Bendungan Asahan, Bendungan Sigura-gura dan Bendungan Tangga yang dibangun untuk PLTA. Pertama kali dibangun PLTA Asahan dan beroperasi sejak tahun 2011 dengan kapasitas terpasang 360MW. PLTA Sigura-gura terletak di bagian hilir dari PLTA Asahan memiliki 2 pembangkit dengan kapasitas masing-masing 286 MW. Di bagian paling hilir terdapat Bendungan Tangga yang memiliki kapasitas 2x87MW. Ketiga PLTA dari bendungan seri ini juga biasa disebut dengan PLTA Asahan 1, 2 dan 3 (Indonesia.go.id, 2022); dan masih banyak lagi bendungan lain di Indonesia yang digunakan sebagai PLTA.

Waduk selain menyediakan tempat penampungan air untuk dimanfaatkan air dan dayanya, perkembangan terkini permukaan waduk yang luas juga dimanfaatkan untuk menghasilkan energi seperti yang sedang diwujudkan dan akan segera dioperasikan pada akhir Oktober 2023 di Waduk Cirata di Jawa Barat. Pada permukaan waduk Cirata akan dihamparkan *solar panel* dan menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terapung terbesar se-Asia Tenggara dengan kapasitas 145MW (Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan, 2020).



Gambar 2.1 PLTS Terapung Cirata (Wahyudi, 2023)

c. Penampung air

Fungsi utama bendungan adalah membentuk waduk (tempat penampungan air). Air yang tertampung di waduk kemudian dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti irigasi, air baku, penggelontoran kota, dan sebagainya.

d. Perikanan darat

Tampungan air yang besar di waduk dapat dimanfaatkan untuk budidaya ikan air tawar. Beberapa Pengelola waduk telah mengizinkan masyarakat untuk melakukan budi daya ikan di dalam waduk, seperti Bendungan Sutami dan Bendungan Selorejo di Kabupaten Malang, Jawa Timur. Kegiatan budidaya ikan selain memberdayakan ekonomi masyarakat sekitar waduk juga dapat menumbuhkan rasa memiliki dari warga sekitar waduk sehingga turut menjaga keberadaan waduk. Namun kegiatan budi daya ikan dapat mempengaruhi kuantitas dan kualitas air waduk, khususnya budidaya yang intensif yang menggunakan keramba apung, namun

untuk budidaya perikanan sistim tebar bebas masih diizinkan (Sayekti et al., 2015; Tribune Batu, 2020).

e. Pariwisata

Selain menyimpan air untuk berbagai tujuan pemanfaatan, waduk juga memiliki kelebihan lain yaitu membuat *landscape* menjadi indah dan menyejukkan. Hal ini menjadikan waduk menjadi salah satu tempat yang menarik bagi masyarakat untuk datang bermain atau berkumpul dengan keluarga. Banyaknya masyarakat yang datang mengunjungi waduk menjadi nilai tambah bagi pengelola waduk, dari tiket masuk, parkir, sewa tempat bagi usaha seperti warung makan, arena permainan anak, wahana permainan air, dan sebagainya. Hampir semua waduk di Indonesia ramai dikunjungi masyarakat sehingga mendapat manfaat dalam fungsinya sebagai tujuan pariwisata. Saat ini pembangunan bendungan telah mengakomodasi fungsi ini dengan melakukan berbagai penataan seperti ruang terbuka area sekitar waduk diatur lebih fungsional, memperindah *landscape* dan meletakkan spot untuk berfoto serta melengkapi fasilitas umum, sehingga menunjang fungsi waduk sebagai destinasi wisata.

Bendungan secara teknis memiliki beberapa bagian dengan fungsi dan tugas masing-masing. Berikut ini diuraikan bagian dari bendungan dan fungsinya.

- 1) *Main dam* adalah tubuh bendungan utama, berfungsi sebagai penahan beban air waduk sehingga membuat tampungan

- 2) *Coffer dam* (bendungan pengelak), adalah bendungan yang lebih kecil yang dibangun lebih awal untuk membelokkan jalannya air menuju saluran pengelak sehingga dapat mengamankan proses pembangunan bendungan utama.
- 3) *Diversion tunnel/channel*, adalah terowongan/saluran pengelak yang dibuat untuk melewati aliran sungai agar tidak mengganggu proses pembangunan bendungan utama.
- 4) *Spillway*, adalah saluran pembuang banjir yang bertugas melewati kelebihan air (air banjir) ketika waduk dalam keadaan penuh. *Spillway* menjadi bangunan pengaman bendungan agar tidak terjadi *overtopping* (kegagalan bendungan akibat melimpasnya air melalui tubuh bendungan utama).
- 5) *Emergency Spillway*, adalah pelimpah yang disiapkan untuk membantu pelimpah utama ketika kapasitas pelimpah utama tidak mampu membuang debit banjir. Dibutuhkan jika di lokasi bendungan memungkinkan datang banjir abnormal yang dapat membahayakan stabilitas bendungan utama.
- 6) *Bottom outlet*, adalah lubang di bagian bawah yang disediakan untuk menguras sedimen.
- 7) *Outlet works/intake*, adalah bangunan pengambilan yang menuju saluran irigasi
- 8) *Effective storage* adalah tampungan yang secara efektif dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Tampungan ini adalah

antara muka air normal (*normal operation level*) pada elevasi *crest spillway* hingga elevasi muka air operasional terendah (*minimum operation level*) yang terletak sedikit di atas mulut intake.

- 9) *Dead storage* atau tampungan mati, adalah tampungan yang disediakan untuk menampung sedimen. Terletak pada bagian dasar dari waduk, di bawah elevasi bangunan pengambilan (intake).
- 10) *Fish ladder*, adalah tangga ikan yang digunakan membantu kelestarian ikan yang memerlukan jalan untuk melintas ke hulu maupun ke hilir untuk mempertahankan jenisnya, contoh ikan salmon.

2. Bendung

Bendung merupakan salah satu bangunan air yang dibangun melintang di dalam atau di luar palung Sungai dan ditujukan untuk menaikkan tinggi muka air, agar dapat dialirkan secara gravitasi menuju lokasi yang dituju. Pada umumnya bendung dibangun untuk mengambil air sungai dan dibawa menuju sawah untuk keperluan pengairan sawah (irigasi).

Bagian dari bendung :

- a. Tubuh Bendung, merupakan bangunan melintang sungai yang menghadang aliran dan menaikkan elevasi muka air Sungai.
- b. Pintu pengambilan (*intake*). Pintu ini berada di tebing sungai di hulu bendung yang berfungsi membelokkan aliran sungai menuju saluran irigasi.

- c. Pilar, untuk penyangga konstruksi pintu atau jembatan operasional.
- d. Pintu Pembilas, adalah pintu yang diletakkan di samping tubuh bendung dan bertugas untuk melewatkan sedimen ke sungai bagian hilir
- e. Kantong lumpur/*Sandtrap*, berbentuk saluran memanjang dengan kemiringan kecil, yang berfungsi memberi kesempatan sedimen yang terbawa aliran agar mengendap dan tidak masuk ke saluran irigasi. Kantong lumpur ini memiliki saluran penguras yang dilengkapi pintu. Jika kolam lumpur telah penuh maka pintu dapat dibuka untuk dikuras.
- f. Kolam Olak/Peredam Energi. Berada di bagian hilir dari tubuh bendung, kolam olak bertugas sebagai pemecah energi sebelum aliran dilepas dengan aman kembali ke badan sungai.

Berdasarkan fungsinya, bendung dapat diklasifikasikan menjadi:

- a. Bendung penyadap. Bendung ini paling banyak ditemui dan berfungsi untuk menyadap aliran sungai melalui intake menuju saluran irigasi.
- b. Bendung pembagi banjir. Biasanya dibangun pada bagian percabangan sungai untuk tujuan mengatur muka air sungai agar dapat dilakukan pembagian air banjir secara otomatis.
- c. Bendung pasang surut. Bendung ini berfungsi untuk mencegah masuknya air asin ke wilayah perairan tawar/daratan akibat pasang surut air laut. Jenis bendung yang banyak dipasang untuk tujuan ini adalah bendung karet. Bendung karet merupakan bendung gerak horizontal yang

terbuat dari tabung karet yang berisi air atau udara. Bendung karet dilengkapi sensor tekanan air yang memungkinkan sistem secara otomatis menghidupkan pompa untuk mengembangkannya. Bendung akan mengembang jika elevasi muka air bagian hilir lebih tinggi, sehingga mencegah masuknya air laut ke darat. Sebaliknya bendung akan mengempis saat terjadi banjir di sungai dimana muka air sungai bagian hulu bendung lebih tinggi dari muka air bagian hilir. Gerakan mengempis bendung membuat air banjir di sungai dapat dibuang dengan cepat ke arah hilir dan mencegah luapan air banjir di daratan.

Sedangkan berdasarkan strukturnya, bendung dibedakan atas:

- a. Bendung tetap, adalah konstruksi bendung yang permanen yang tidak memiliki bagian yang dapat dioperasikan. Bentuk mercu bendung tetap biasanya berbentuk Ogee atau bulat, dengan tubuh dari pasangan batu atau beton. Bendung tetap paling banyak ditemui di Indonesia, karena pelaksanaan konstruksi dan perawatannya mudah.
- b. Bendung gerak, adalah bendung yang memiliki bagian yang dapat dioperasikan, seperti pintu yang dapat dibuka/tutup saat diperlukan. Jenis bendung ini cocok diterapkan jika bendung dibangun di lingkungan pemukiman sehingga ketika terjadi banjir pintu dapat segera dibuka lebar untuk mempercepat air terbuang ke arah hilir. Pemilihan pintu disesuaikan dengan kebutuhan, seperti pintu sorong yang dapat digerakkan dari jarak jauh menggunakan sistem elektrik atau pintu radial yang dapat bergerak

otomatis berdasarkan tinggi tekanan air di depan pintu tanpa energi listrik.

- c. Bendung kombinasi, merupakan gabungan bendung tetap dan bendung gerak, yang dipilih atas pertimbangan tertentu, misal lokasi bendung dan biaya konstruksi.

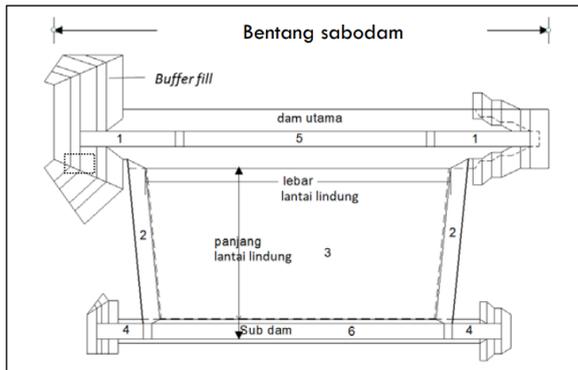
3. Sabo dam

Sabo dam merupakan struktur/bangunan menyerupai dam/bendungan yang berfungsi menangkap aliran debris (aliran disertai sedimen dengan konsentrasi tinggi) yang biasanya dibangun di sungai yang berada di sekitar daerah gunung berapi. Bangunan sabo dilengkapi dengan pelimpas, dan dibangun secara seri di sepanjang alur sungai dengan jarak antar sabo semakin ke hilir semakin jauh. Lahar dingin yang masuk ke sungai akan mengalir dan tertahan di sabo. Jika sabo pertama telah penuh maka sedimen akan melimpas ke sabo-sabo berikutnya. Hal ini membuat aliran lahar dapat diperlambat perjalanannya dan penduduk sekitar sungai memiliki waktu untuk mengevakuasi diri. Selain itu juga dimaksudkan membantu mereduksi kerusakan di badan sungai.

Bagian-bagian dari Sabo Dam, diantaranya:

- a. Bendungan utama (*main dam*). Biasanya berbentuk bendungan beton dengan berat sendiri (*gravity dam*). Bagian konstruksi sabodam ini bertugas sebagai penahan aliran debris yang datang.
- b. Kolam olak, merupakan ruang yang disediakan untuk menampung aliran debris yang disediakan untuk mengurangi energi loncatan air. Bagian ini dibatasi oleh *main dam*, lantai lindung (*apron*) dari pasangan batu dan tembok tepi (*side wall*).

- c. *Groundsill*, merupakan salah satu bangunan pendukung sabodam yang dibangun melintang sungai untuk menstabilkan dasar sungai rencana dan juga berfungsi untuk melindungi konstruksi bangunan melintang sungai di bagian hulu
- d. Lantai lindung (*apron*), adalah lantai yang diperkeras yang menghubungkan bagian dam utama dan sub dam untuk mencegah terjadinya kikisan.
- e. Lubang alir (*driphole/drainhole*), adalah lubang yang sengaja dibuat di main dam dengan ukuran, bentuk dan jumlah tertentu guna mengurangi gaya angkat ke atas (*uplift pressure*) serta memudahkan saat pelaksanaan konstruksi.
- f. Lubang atus (*the drops hole*), adalah lubang yang dibuat pada tembok tepi dengan jumlah dan diameter yang relatif kecil untuk memberi kesempatan air tetap mengalir dan tanah di belakang tembok tidak terangkut. Biasanya untuk keperluan ini, di belakang tembok tepi diberikan lapis ijuk atau menggunakan geotextile.
- g. Koperan (*toe wall, cut off wall*) merupakan bagian konstruksi sabodam yang berfungsi untuk menjaga stabilitas konstruksi terhadap guling dan menghindari terjadinya rembesan bawah konstruksi.
- h. *Sandpocket*, adalah kantong lahar/sedimen yaitu tempat sedimen terkumpul.



Keterangan gambar :

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1. sayap lindung dam utama | 4. sayap lindung subdam |
| 2. tembok tepi (<i>side wall</i>) | 5. dam utama (<i>main dam</i>) |
| 3. lantai lindung | 6. subdam |

Gambar 2.2 Sketsa bangunan Sabo (Hassan, 2019)

Beberapa type sabo dam diantaranya:

- a. Sabo dam tipe tertutup (*closed type of sabo dam*), adalah type sabodam yang tubuh damnya dirancang berbentuk tertutup (Gambar 3) meskipun tetap dilengkapi lubang alir (*drip hole* atau *drain hole*).



Gambar 2.3 Contoh sabo tipe tertutup (Pusdiklat SDA dan Konstruksi, 2018)

- b. Sabo dam tipe terbuka (*open type of sabo dam*) adalah sabodam yang tubuh damnya didesain berbentuk terbuka. Dam tipe ini cocok diletakkan pada daerah aliran sungai yang didominasi sedimen berdiameter rerata sangat besar, lebih dari 1,00 (satu) meter. Sabo dam tipe terbuka ini antara lain dapat berbentuk celah (slit), kisi (grid), ayak/saringan (screen), atau jaring (*ring net*).
- 1) Sabo dam celah (*slit sabo dam*) merupakan sabodam tipe terbuka yang dengan satu buah celah atau lebih di bagian tengah yang lebarnya ditentukan berdasarkan diameter batuan maksimum dan jumlah celahnya ditentukan berdasarkan debit rencana. Sabodam tipe ini bisa bercelah tunggal atau bercelah majemuk dan hanya bisa diletakkan di zona produksi sedimen (*erosion producing zone*).
 - 2) Sabo dam kisi (*grid sabo dam*) adalah salah satu sabo dam tipe terbuka yang berbentuk kerangka yang terbuat dari batang besi, baja, balok kayu, atau balok beton pra-cor untuk menangkap aliran debris dengan sedimen bergradasi besar, lebih dari 1 meter yang pada umumnya terletak di zona produksi sedimen.
 - 3) Sabo dam ayak/saringan (*screen sabo dam*) adalah salah satu sabo dam tipe terbuka yang terbuat dari balok balok kayu, besi, baja atau balok beton pra-cor, yang diletakkan secara horizontal dan sejajar dasar sungai membentuk ayakan (saringan) untuk mengendalikan aliran debris. Sabo

dam ayak hanya bisa diletakkan di zona produksi sedimen (*erosion producing zone*).

4. Drainase Perkotaan dan Permukiman

Drainase perkotaan adalah infrastruktur sumber daya air yang dibangun untuk mengeringkan daerah perkotaan dan permukiman. Infrastruktur drainase ini berupa jaringan saluran dan bangunan pelengkap, sebagai berikut:

- a. Saluran pembuang. Adalah jejaring saluran dari saluran pengumpul hingga saluran pembuang utama hingga berujung di saluran pembuang akhir yang umumnya berupa Sungai.
- b. Polder adalah metode penanganan banjir dengan sarana fisik berupa saluran drainase, yang dilengkapi kolam retensi dan sistem pompa. Sistem polder membatasi area yang dilindungi dengan jelas sehingga pengendalian debit yang harus dikeluarkan dari sistem dapat dilakukan dengan mudah. Sehingga, sistem polder dapat disebut sebagai sistem drainase yang terkendali.
- c. Bangunan perlintasan, adalah bangunan yang berfungsi melintaskan air melewati bawah jalan atau lembah, seperti gorong-gorong, talang, syphon dan lain-lain.
- d. *Manhole*, adalah lubang untuk pemeliharaan yang biasanya dibuat di saluran drainase. Lubang ini berukuran cukup besar sehingga memungkinkan orang untuk masuk dan melakukan kegiatan pembersihan atau perawatan lain.
- e. *Trash Rack* adalah saringan penangkap sampah yang dipasang di saluran drainase.

- f. Sumur Peresapan Air Hujan, adalah sumur yang dibuat di sekitar pemukiman untuk meresapkan sejumlah air limpasan permukaan akibat hujan sehingga mengurangi beban saluran.

5. Bangunan Irigasi

Infrastruktur irigasi adalah sekelompok sarana prasarana untuk menyediakan, membagikan dan mendistribusikan air irigasi dari tempat pengambilan hingga sawah. Bangunan yang ada dapat dibedakan dalam beberapa bagian, diantaranya:

- a. Bangunan utama (*Headworks*)
- b. Bangunan ini merupakan tempat pengambilan, yang biasanya berupa *free intake*, bendung, waduk, ataupun stasiun pompa.
- c. Saluran pembawa, adalah jaringan saluran yang berfungsi untuk membawa air irigasi dari bangunan pengambilan dan mendistribusikannya ke sawah yang dituju. Terdiri dari saluran primer, sekunder, dan tersier dan kwarter.
- d. Bangunan Bagi, bangunan sadap dan bangunan bagi sadap. Bangunan bagi ada di saluran primer berfungsi membagi air menuju saluran-saluran sekunder dan saluran primer berikutnya. Bangunan sadap berfungsi menyadap air dari saluran sekunder untuk dibawa ke sawah melalui saluran tersier dan tidak disarankan menyadap air langsung dari saluran primer jika tidak terpaksa. Jika dalam keadaan tertentu terpaksa mengambil air dari saluran primer maka dibutuhkan bangunan bagi sadap yang berfungsi keduanya yaitu membagi dan menyadap.

- e. Bangunan Pelengkap, seperti bangunan ukur debit (Cipoletti, Crump de Gruyter, Thomson, pintu Romijn, dan sebagainya), bangunan perlintasan (gorong-gorong, syphon, talang), bangunan pemecah energi (terjunan, got miring), dan jaringan saluran pembuang (drainase).

6. Bangunan Pengaman Pantai

Berikut ini beberapa infrastruktur untuk pantai yang berfungsi sebagai pengaman pantai:

- a. *Groin/Groyne*, adalah bangunan yang menjorok ke laut (relatif tegak lurus pantai) untuk tujuan mengarahkan arus, umumnya dibuat dari batu, pipa beton, atau bahkan kayu. Bangunan ini melindungi pantai dengan mengurangi energi gelombang yang datang. Untuk tujuan efektivitas, pemasangan satu buah groin biasanya tidak cukup sehingga memerlukan beberapa groin yang dipasang dalam jarak tertentu, agar tidak terjadi perubahan garis Pantai yang dilindungi.
- b. Tembok laut/*Sea wall*, adalah struktur pelindung pantai seperti tembok yang membatasi laut dan darat yang dibangun sejajar arah pantai. Biasanya terbuat dari beton atau turap baja. Terdapat beberapa jenis seawall diantaranya *curved sea wall* (dindingnya membentuk lengkungan ke atas), *gravity sea wall* (seperti bendungan beton type gravitas atau dengan berat sendiri) dan *steel sheet pile sea wall* (lembaran baja yang ditancapkan langsung ke dalam tanah). Type terakhir hanya digunakan pada pantai dengan intensitas gelombang yang kecil.

- c. Tanggul laut/*Sea dikes* adalah tanggul yang dibangun untuk tujuan melindungi daratan pantai rendah terhadap genangan air pasang, gelombang dan badai, menahan laju penurunan muka tanah, serta memberi batas yang jelas untuk kawasan pesisir.
- d. Perkuatan lereng/*revetment*, adalah bangunan perkuatan pada suatu lereng untuk melindungi tebing sungai (umumnya muara sungai) atau lereng tanggul untuk meningkatkan stabilitas alur sungai atau tanggul yang dilindungi.
- e. Bangunan pemecah gelombang/*break water* adalah bangunan pelindung Pantai yang dipasang sejajar arah Pantai guna meredam gelombang datang. Biasanya menggunakan konstruksi beton atau menggunakan *tetrapod* yaitu struktur beton pracetak yang mempunyai empat kaki silinder yang dapat dipasang secara beraturan di sepanjang pantai.

7. Bangunan Tenaga Air

Bangunan Tenaga Air merupakan kelompok infrastruktur sumber daya air yang hanya memanfaatkan tenaga air. Bangunan tenaga air pada skala kecil (mini dan mikrohidro) dibangun langsung di dekat aliran sungai, namun untuk skala pembangkit memerlukan bangunan lain yaitu bendungan dan waduk. Berikut bagian-bagian dari bangunan tenaga air:

- a. Pintu Pengambilan (*Intakegate/headgate*) adalah pintu yang menghubungkan waduk dengan pipa pesat (*penstock*).

- b. Pipa Pesat (*penstock*), adalah pipa yang membawa air waduk menuju ke rumah turbin untuk menggerakkan turbin.
- c. Tangki Peredam Energi (*Surge Tank*) mencegah kerusakan pipa akibat fenomena pukulan air (*water hammer*) ketika aliran tiba-tiba dihentikan. Aliran yang berhenti tiba-tiba dapat menyebabkan lonjakan tekanan yang sangat besar dan menekan pipa penstock ke segala arah sehingga sangat membahayakan.
- d. Turbin dan Generator Set adalah rangkaian peralatan mekanik berbentuk baling-baling yang berputar ketika dialirkan air melalui penstock. Turbin terhubung dengan generator yang akan mengubah energi gerak (putaran turbin) menjadi energi listrik

8. Bangunan Air Minum

- a. Broncaptering adalah bangunan penangkap mata air. Digunakan untuk melindungi dan menangkap mata air untuk ditampung dan disalurkan ke pipa transmisi.
- b. Reservoir, bak penampungan
- c. Instalasi Pengolah Air, yang terdiri dari bagian penyaringan, pengendapan, bak Koagulasi dan sedimentasi, bak filtrasi, dan bak purifikasi/desinfeksi
- d. jaringan pipa transmisi dan distribusi, adalah jaringan pipa yang mengantarkan air dari tempat pengambilan menuju rumah warga/konsumen. Ujung dari saluran distribusi adalah Sambungan Rumah (SR) atau Hidran Umum (HU).

e. Bak pelepas tekan (BPT) adalah salah satu bangunan penunjang pada jaringan transmisi atau pipa distribusi yang berfungsi menghilangkan tekanan berlebih yang terdapat pada aliran yang dapat menyebabkan pipa pecah.

9. Bangunan Pengolah Air Limbah

Adalah infrastruktur yang dirancang untuk mengolah limbah cair baik secara fisik biologis maupun kimiawi sehingga air dapat dikembalikan ke badan air setelah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan.

Daftar Pustaka

- Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, K.R., 2017. Kamus Digital Istilah Pengembangan Wilayah [WWW Document]. URL <http://bank-data.bpiw.pu.go.id/dictionary/words?q=Infrastruktur> (accessed 10.5.23).
- Budiyanto, A., 2023. Bendungan Kuwil Kawangkoan: Infrastruktur Bendungan Pengendali Banjir di Sulawesi Utara [WWW Document]. URL <https://www.djkn.kemenkeu.go.id/kpknl-manado/baca-artikel/16448/Bendungan-Kuwil-Kawangkoan-Infrastruktur-Bendungan-Pengendali-Banjir-di-Sulawesi-Utara.html> (accessed 10.14.23).
- Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan, 2020. Pembangkit EBT Terbesar di Indonesia dan Asia Tenggara, Semua Ada di Waduk Cirata [WWW Document]. URL <https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/12/04/2722/pembangkit.ebt.terbesar.di.indonesia.dan.asia.tenggara.semua.ada.di.waduk.cirata> (accessed 10.14.23).
- Direktorat Jenderal Sumber Day Air, 2022. Mengendalikan Banjir Jakarta Melalui Bendungan Kering Pertama Di Indonesia [WWW Document]. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. URL <https://sda.pu.go.id/> (accessed 10.14.23).
- Fatimah, G.N., 2016. Kajian Efektifitas Bendungan Pengendali Banjir H.M. Ardans Terhadap Pengendalian Banjir Di Jalan Pangeran Antasari Kota Samarinda.
- Hassan, C., 2019. SABO PLAN (Perencanaan Sabo Dam Modular). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.
- Indonesia.go.id, 2022. Panen Energi Bersih dari Tapanuli-Toba [WWW Document]. URL <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/5071/panen-energi-bersih-dari-tapanuli-toba?lang=1> (accessed 10.14.23).

- Kementerian Sumber Daya Mineral, 2006. Serap Dana Rp 1,5 T, PLTA Musi Resmi Operasi [WWW Document]. ESDM. URL <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/serap-dana-rp-15-t-plta-musi-resmi-operasi> (accessed 10.14.23).
- Perum jasa Tirta II, 2023. PLTA & EBT [WWW Document]. URL <https://www.jasatirta2.co.id/plta> (accessed 10.14.23).
- PT PLN (Persero), 2021. Kunjungi PLTA Saguling, Menteri ESDM Pastikan Keandalan Pasokan Listrik Natal dan Tahun Baru. PT PLN (Persero). URL <https://web.pln.co.id/cms/media/siaran-pers/2021/12/kunjungi-plta-saguling-menteri-esdm-pastikan-keandalan-pasokan-listrik-natal-dan-tahun-baru/> (accessed 10.14.23).
- Pusdiklat SDA dan Konstruksi, K.P., 2018. Modul Pelatihan Perencanaan Bangunan Sabo: Operasi dan Pemeliharaan. Bandung.
- Sayekti, R.W., Yuliani, E., Bisri, M., Juwono, P.T., Prasetyorini, L., Sonia, F., Putri, A.P., 2015. Studi evaluasi kualitas dan status trofik air Waduk Selorejo akibat erupsi Gunung Kelud untuk budidaya perikanan. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering* 6, 133–145.
- Tribune Batu, 2020. Perum Jasa Tirta 1 Malang Tertibkan Keramba Jaring Apung di Waduk Selorejo, Kelompok Nelayan Kecewa [WWW Document]. [Tribunjatim.com](http://tribunjatim.com). URL <https://jatim.tribunnews.com/2020/05/12/perum-jasa-tirta-1-malang-tertibkan-keramba-jaring-apung-di-waduk-selorejo-kelompok-nelayan-kecewa> (accessed 10.14.23).
- Wahyudi, N.A., 2023. PLTS Terapung Cirata Telan Rp1,7 Triliun, Terbesar di Asia Tenggara! [WWW Document]. [Bisnis.com](http://bisnis.com). URL <https://ekonomi.bisnis.com/read/20230911/44/1693491/plts-terapung-cirata-telan-rp17-triliun-terbesar-di-asia-tenggara> (accessed 10.15.23).

Profil Penulis



Humairo Saidah S.T., M.T.

Lahir pada tahun 1972 di Bojonegoro, salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur paling barat yang berbatasan dengan provinsi Jawa Tengah. Penulis menyelesaikan pendidikan tinggi S1 dan S2 di jurusan Teknik Pengairan dan jurusan Teknik Sipil di Universitas Brawijaya, Malang. Saat ini Penulis adalah dosen di Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram. Sejak menjalani profesi sebagai dosen, Penulis mengampu beberapa Mata Kuliah dalam Kelompok Bidang Keahlian Hidro, seperti Hidrologi, Irigasi dan Bangunan Air, Teknik Bendungan, Perancangan Bangunan Air, Pengelolaan Sumber Daya Air dan beberapa Mata Kuliah Hidro lain. Penulis menekuni penelitian dalam bidang hidrologi, keterkaitan hidrologi dengan usaha pertanian, dan hubungannya dengan bencana hidrometeorologi khususnya banjir dan kekeringan, serta pengaruh fenomena perubahan iklim global saat ini terhadap perilaku hidrologis suatu daerah. Saat ini Penulis telah menghasilkan beberapa buku Referensi yang ditulis secara kolaboratif diantaranya: Ekonomi Sumber Daya Alam, Pengetahuan Kebencanaan, Agroklimatologi, Sistim Irigasi dan Bangunan Air, Drainase Perkotaan, dan Statistik Deskriptif.

Email Penulis : humairo.saidah@gmail.com

KOMPONEN SUMBER DAYA AIR

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

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019, yang dimaksud dengan sumber daya air adalah air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya. Air ialah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat. Sumber air yaitu tempat atau wadah air air alami dan/atau buatan yang terdapat pada, di atas, atau di bawah permukaan tanah. Daya air yakni potensi yang terkandung dalam air dan/atau pada sumber air yang dapat memberikan manfaat ataupun kerugian bagi kehidupan dan penghidupan manusia serta lingkungannya. Komponen sumber daya air meliputi air permukaan, aliran sungai bawah tanah, air tanah, desalinasi, dan air beku.

Air Permukaan

Air permukaan adalah semua air yang terdapat pada permukaan tanah (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019). Air permukaan merupakan salah satu komponen sumber daya air yang penting dan dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, seperti untuk kebutuhan sehari-hari, pertanian, industri, dan lain sebagainya. Air permukaan juga memiliki manfaat

ekologis, seperti sebagai habitat bagi berbagai jenis makhluk hidup dan sebagai pengatur tata air. Jenis air permukaan antara lain sebagai berikut:

1. Sungai; yakni aliran air yang mengalir dari hulu ke hilir dan dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, seperti irigasi, pembangkit listrik, dan lain sebagainya. Sungai adalah aliran air permanen atau semi-permanen yang mengalir dalam alur tertentu, seperti saluran atau aliran, dari sumber air seperti mata air, danau, atau air hujan yang tertampung dalam sungai, menuju ke arah lebih rendah hingga mencapai muara di laut, danau, atau sungai lainnya. Sungai dapat bervariasi dalam ukuran, panjang, dan volume air yang mengalir, mulai dari sungai kecil hingga sungai besar yang membentuk sistem drainase besar. Sungai memerankan peran penting dalam ekosistem, transportasi, irigasi, dan kehidupan sehari-hari manusia.
2. Danau; yaitu badan air yang dikelilingi oleh daratan. Danau terbentuk melalui proses geologi yang kompleks, seperti pengendapan sedimen, pengarukan oleh gletser, atau pembentukan oleh aktivitas vulkanik. Beberapa danau juga dibuat oleh manusia sebagai bagian dari proyek-proyek pembangunan, seperti pembangkit listrik tenaga air atau irigasi pertanian. Danau memiliki berbagai fungsi, seperti sebagai sumber air, tempat pariwisata, dan lahan budi daya perikanan. Namun, aktivitas manusia di sekitar danau dapat mempengaruhi kualitas air dan lingkungan di sekitarnya, sehingga perlu dilakukan upaya pelestarian danau berbasis masyarakat untuk menjaga keberlangsungan fungsi danau tersebut.

3. Waduk; adalah sebuah danau buatan yang terbentuk akibat adanya bendungan atau dam yang memblokir aliran sungai. Waduk memiliki peran penting dalam penyediaan air bersih, irigasi, pembangkit listrik, dan pariwisata. Namun, pembangunan waduk juga dapat memiliki dampak negatif, seperti perubahan ekosistem, pencemaran air, dan relokasi penduduk. Proses terbentuknya waduk melibatkan beberapa tahapan, antara lain (Ambarwati, 2013):
- a. Pemilihan lokasi. Lokasi waduk dipilih berdasarkan beberapa faktor, seperti topografi, hidrologi, dan kebutuhan air. Tempat yang ideal untuk membangun waduk adalah lembah sempit dengan lereng curam, sehingga air yang terkumpul dapat menopang volume yang besar.
 - b. Pembangunan bendungan. Bendungan dibangun untuk memblokir aliran sungai dan menahan air yang akan membentuk waduk. Bendungan dapat dibangun dengan berbagai metode, seperti menggunakan beton, tanah, atau batu. Struktur bendungan harus kuat dan tahan terhadap tekanan air yang besar.
 - c. Penggenangan. Setelah bendungan selesai dibangun, air mulai dialirkan ke waduk melalui pintu-pintu air. Proses penggenangan ini membutuhkan waktu yang cukup lama, tergantung pada ukuran dan kedalaman waduk.
 - d. Pemeliharaan. Setelah waduk terbentuk, perlu dilakukan pemeliharaan rutin untuk menjaga kestabilan bendungan dan kualitas air di dalam waduk. Pemeliharaan meliputi pembersihan, perbaikan, dan pengawasan terhadap lingkungan sekitar waduk.

4. Air hujan; yaitu air yang jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi sebagai hasil dari proses presipitasi. Air hujan dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih, terutama di daerah yang sulit mendapatkan akses air bersih. Air hujan dianggap sebagai salah satu sumber air yang layak dikonsumsi dan aman dari segala macam kontaminasi, tetapi apabila salah penanganan maka akan berakibat pada terganggunya kesehatan (Kapita, Rahman, Idrus, & Loby, 2022). Panen air hujan dapat menjadi solusi untuk permukiman nelayan sebagai sumber air bersih. Studi menunjukkan bahwa mayoritas masyarakat pesisir mengandalkan lebih dari satu sumber air. Setelah dilakukan eksperimen langsung, masyarakat dapat menerima dengan baik bahwa air hujan dapat digunakan sebagai alternatif air bersih dan dapat mengurangi biaya pengeluaran untuk air bersih (Huwaina, Hasibuan, & Fatimah, 2022). Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 11/PRT/M/2014 tentang Pengelolaan Air Hujan pada Bangunan Gedung dan Persilnya, pemanfaatan air hujan perlu dilakukan pada suatu bangunan dan persilnya untuk mempertahankan siklus dan kondisi hidrologi alami, serta untuk memenuhi kebutuhan air pada bangunan gedung tersebut. Penggunaan lahan berupa bangunan dapat meningkatkan debit limpasan permukaan dan genangan pada saat hujan. Pengurangan genangan dan pemanfaatan air hujan dapat dilakukan dengan menggunakan teknik penampung/pemanenan air hujan dengan atap bangunan (Nugroho & Hardiyanti, 2022).
5. Air laut; adalah air yang terdapat di laut atau samudra dan memiliki kandungan garam yang tinggi. Air laut memiliki beberapa karakteristik, antara lain yaitu:

- a. Kandungan garam. Air laut memiliki kandungan garam yang tinggi, sekitar 3,5% dari volume total air laut. Kandungan garam ini berasal dari mineral-mineral yang terlarut di dalam air laut, seperti natrium, klorida, magnesium, dan kalsium.
- b. Kedalaman. Laut memiliki kedalaman yang bervariasi, mulai dari beberapa meter hingga ribuan meter. Kedalaman laut dipengaruhi oleh topografi dasar laut, seperti lembah, gunung bawah laut, dan dataran laut.
- c. Suhu. Suhu air laut bervariasi pada lokasi dan kedalaman. Suhu air laut juga dipengaruhi oleh suhu udara, arus laut, dan musim.
- d. Ombak. Ombak adalah gelombang yang terbentuk di permukaan laut akibat adanya angin, pasang surut, atau gempa bumi. Ombak memiliki berbagai ukuran dan kecepatan, tergantung pada faktor-faktor tersebut.

Air laut memiliki peran penting dalam kehidupan manusia, seperti sebagai sumber makanan, transportasi, dan pariwisata. Namun, aktivitas manusia di sekitar laut dapat mempengaruhi kualitas air laut dan lingkungan laut, sehingga perlu dilakukan upaya pelestarian laut berbasis masyarakat untuk menjaga keberlangsungan fungsi laut tersebut.

Aliran Sungai Bawah Tanah

Aliran sungai bawah tanah adalah aliran air yang terdapat di bawah permukaan tanah dan mengalir di dalam pori-pori batuan atau celah-celah yang terdapat di bawah tanah. Aliran sungai bawah tanah dapat diidentifikasi dengan menggunakan berbagai metode geofisika, seperti metode geolistrik, metode *resistivity*

tomography, dan metode *very low frequency electromagnetic* (Purwanto, Darsono, & Koesuma, 2017). Pola aliran sungai bawah tanah dapat berupa pola percabangan atau dendritik, tergantung pada struktur batuan dan topografi daerah tersebut (Zainudin, 2018). Aliran sungai bawah tanah dapat berinteraksi dengan aliran sungai permukaan, terutama pada daerah karst yang memiliki sistem aliran bawah tanah yang kompleks. Identifikasi sistem aliran bawah permukaan di daerah karst penting untuk mendukung pengelolaan sumber daya airnya (Agniy, et al., 2019).

Beberapa faktor yang mempengaruhi pola aliran sungai bawah tanah, yaitu:

1. Struktur batuan. Struktur batuan yang terdapat di bawah tanah dapat mempengaruhi pola aliran sungai bawah tanah. Misalnya, pada daerah karst yang memiliki batuan kapur yang mudah larut, dapat terbentuk pola aliran sungai bawah tanah yang kompleks.
2. Topografi. Topografi daerah juga dapat mempengaruhi pola aliran sungai bawah tanah. Misalnya, pada daerah yang memiliki perbedaan ketinggian yang signifikan, dapat terbentuk pola aliran sungai bawah tanah yang berarah dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah (Boimau, Maubana, & Adelia, 2023).
3. Kondisi hidrologi. Kondisi hidrologi, seperti curah hujan dan suhu, juga dapat mempengaruhi pola aliran sungai bawah tanah. Misalnya, pada daerah yang memiliki curah hujan tinggi, dapat terbentuk pola aliran sungai bawah tanah yang lebih kompleks.
4. Kondisi geologi. Kondisi geologi seperti jenis batuan dan keberadaan celah-celah di bawah tanah, juga dapat mempengaruhi pola aliran sungai bawah

tanah. Misalnya, pada daerah yang memiliki batuan yang mudah tererosi, dapat terbentuk celah-celah yang memungkinkan aliran sungai bawah tanah (Naufaldi, 2018).

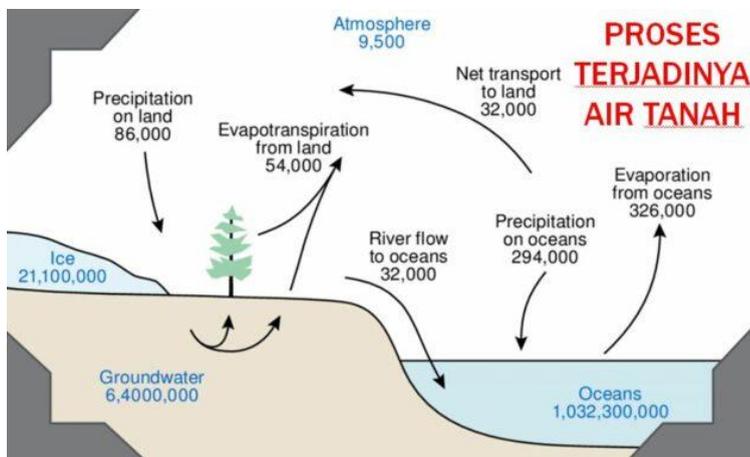
Air Tanah

Definisi air tanah menurut Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Air tanah merupakan salah satu sumber air yang penting bagi kehidupan manusia, karena dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, seperti irigasi, air minum, dan industri. Namun, terdapat juga risiko tercemarnya air tanah yang dapat mengakibatkan seseorang terjangkit berbagai penyakit seperti disentri, tipus, kholera, hepatitis A, poliomyelitis anterior akut, dan lain-lain. Oleh karena itu, penting untuk menjaga kualitas air tanah dan melakukan pengukuran volume air yang mengalir di air tanah untuk memastikan ketersediaan air yang cukup bagi kehidupan manusia.

Jenis-jenis air yang termasuk dalam pengertian air tanah dapat bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan di sekitar air tanah tersebut. Beberapa jenis air yang termasuk dalam pengertian air tanah, yaitu:

1. Air tanah bebas. Air tanah bebas adalah air yang terdapat di dalam pori-pori tanah dan dapat mengalir secara bebas. Air tanah bebas dapat ditemukan di zona jenuh air tanah dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih (Nuraini, Siregar, Arum, & Suhendra, 2022).
2. Air tanah terperangkap. Air tanah terperangkap adalah air yang terperangkap di dalam lapisan batuan yang tidak dapat dilewati oleh air. Air tanah terperangkap dapat ditemukan di zona tak jenuh air tanah dan tidak dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih (Kurniawan, Siswoyo, & Yuliani, 2020).

3. Air tanah dangkal. Air tanah dangkal adalah air yang terdapat di lapisan tanah yang dekat dengan permukaan tanah. Air tanah dangkal dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih, namun rentan terhadap pencemaran (Antosia, Pesma, Putri, Erlangga, & Ekawati, 2022).
4. Air tanah dalam. Air tanah dalam adalah air yang terdapat di lapisan tanah yang lebih dalam. Air tanah dalam dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih, namun membutuhkan sumur bor yang lebih dalam (Dhofir, 2017).



Gambar 3.1 Proses terjadinya air tanah
(Sumber: Fatimah, 2022)

Proses terjadinya air tanah melibatkan beberapa tahapan, yaitu:

1. Infiltrasi. Infiltrasi ialah proses masuknya air hujan ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Air hujan yang tidak menguap atau mengalir di permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah dan membentuk zona jenuh air tanah (Musdalipa, Suhardi, & Faridah, 2018).

2. Perkolasi. Perkolasi ialah proses air yang meresap ke dalam tanah dan mengalir melalui pori-pori tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Air tanah yang meresap ke dalam tanah akan membentuk zona jenuh air tanah (Wandowo, Abidin, & Djijono, 2005).
3. *Recharge*. *Recharge* ialah proses pengisian kembali air tanah yang telah terambil atau terpakai. *Recharge* dapat terjadi melalui air hujan yang meresap ke dalam tanah atau melalui air permukaan yang mengalir ke dalam tanah (Luthfi, 2019).
4. *Percolation rate*. *Percolation rate* ialah kecepatan air yang meresap ke dalam tanah. *Percolation rate* dipengaruhi oleh sifat fisik tanah, seperti tekstur, struktur, dan porositas.
5. Zona jenuh air tanah. Zona jenuh air tanah ialah lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah yang terisi penuh oleh air. Zona jenuh air tanah dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih.

Sumber utama air tanah adalah presipitasi yang dapat menembus tanah secara langsung ke air tanah atau mungkin memasuki sungai di permukaan tanah dan merembes ke bawah melalui alur-alur ini ke air tanah. Air tanah mempunyai prioritas terendah pada air dari presipitasi. Prioritas yang rendah ini merupakan faktor yang penting dalam pembatasan kecepatan dalam kemungkinan pemanfaatannya. Sadapan, simpanan pada cekungan, dan lengas tanah haruslah terpakai sepenuhnya dahulu sebelum jumlah air yang besar dapat berperkolasi ke air tanah. Kecuali bila terdapat tanah berpasir, maka hanya hujan besar yang berkepanjangan saja yang dapat memberikan imbuan air tanah dalam jumlah besar. Imbuan air tanah (*ground water recharge*) adalah suatu proses yang terputus-putus dan tidak teratur (Linsley, Franzini, & Sasongko, 1994).

Desalinasi

Desalinasi ialah proses penghilangan garam dari air, khususnya penghilangan garam-garam yang mengandung mineral seperti natrium dan klorida. Desalinasi air laut menjadi semakin penting karena semakin berkurangnya sumber daya air bersih di dunia, terutama di daerah-daerah yang mengalami krisis air. Proses desalinasi dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti distilasi, osmosis terbalik, dan elektrodialisis.

1. Distilasi. Distilasi yaitu proses pemanasan air laut atau air asin hingga mendidih dan menghasilkan uap air, kemudian uap air tersebut dikondensasikan kembali menjadi air tawar. Proses distilasi dapat dilakukan dengan menggunakan energi panas dari bahan bakar fosil atau energi terbarukan, seperti panel surya (Aji, Ulum, Haryanto, & Alfita, 2021).
2. Osmosis terbalik. Osmosis terbalik yaitu proses pemisahan garam dan mineral dari air laut atau air asin dengan cara memaksa air melalui membran semi permeabel yang hanya memperbolehkan air melewati, namun menahan garam dan mineral. Air yang telah melewati membran semi permeabel akan menjadi air tawar, sedangkan garam dan mineral yang tertahan akan dibuang (Yaningsih, 2013).
3. Elektrodialisis. Elektrodialisis yaitu proses pemisahan garam dan mineral dari air laut atau air asin dengan cara memakai memberan elektroda yang memperbolehkan ion-ion garam melewati membran dan ditangkap oleh elektroda, sehingga air yang tersisa menjadi air tawar. Proses elektrodialisis membutuhkan sumber listrik untuk menghasilkan arus listrik yang diperlukan untuk memisahkan ion-ion garam (Istanto, 2012).

Keuntungan dari penggunaan sistem desalinasi antara lain yaitu:

1. Meningkatkan ketersediaan air bersih. Sistem desalinasi dapat meningkatkan ketersediaan air bersih di daerah-daerah yang kekurangan sumber daya air bersih, terutama di daerah-daerah yang dekat dengan laut atau wilayah gurun.
2. Mengurangi ketergantungan pada sumber daya air permukaan. Sistem desalinasi dapat mengurangi ketergantungan pada sumber daya air permukaan yang rentan terhadap pencemaran dan fluktuasi volume air tergantung pada musim dan curah hujan.
3. Meningkatkan kualitas air. Sistem desalinasi dapat menghasilkan air tawar yang bebas dari garam dan mineral, sehingga lebih aman dan sehat untuk dikonsumsi.

Sedangkan kerugian dari penggunaan sistem desalinasi yaitu:

1. Biaya tinggi. Sistem desalinasi membutuhkan biaya yang tinggi untuk membangun dan mengoperasikan, terutama untuk sistem desalinasi dengan teknologi yang lebih canggih seperti osmosis terbalik.
2. Menghasilkan limbah. Sistem desalinasi menghasilkan limbah berupa garam dan mineral yang terpisah dari air laut atau air asin. Limbah ini perlu diolah dan dibuang dengan benar agar tidak mencemari lingkungan.
3. Menggunakan energi yang besar. Sistem desalinasi membutuhkan energi yang besar untuk menghasilkan air tawar dari air laut atau air asin, terutama untuk sistem desalinasi dengan teknologi yang lebih canggih seperti osmosis terbalik.

Air Beku

Air beku tidak memiliki hubungan langsung dengan komponen sumber daya air, karena air beku hanya merupakan salah satu bentuk air yang terdapat di alam. Namun, air beku dapat mempengaruhi ketersediaan sumber daya air di daerah-daerah yang mengalami musim dingin atau suhu udara yang sangat rendah. Pada musim dingin, air permukaan seperti sungai dan danau dapat membeku dan mengurangi ketersediaan air permukaan. Namun, air tanah yang terdapat di dalam pori-pori tanah atau batuan di bawah permukaan tanah tidak terpengaruh oleh suhu udara dan tetap tersedia sepanjang tahun. Oleh karena itu, air tanah dapat menjadi sumber daya air yang penting di daerah-daerah yang mengalami musim dingin atau suhu udara yang sangat rendah.

Air beku adalah air yang berubah menjadi es karena suhu udara yang sangat rendah. Proses pembekuan air dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti dengan menggunakan *freezer* atau dengan metode *air blast freezing*. Beberapa contoh penggunaan air beku dalam berbagai bidang yaitu:

1. Industri perikanan. Air beku digunakan dalam industri perikanan untuk mempertahankan kesegaran ikan dan mencegah kerusakan ikan yang mudah rusak. Salah satu metode pembekuan yang digunakan dalam industri perikanan adalah dengan menggunakan *Air Blast Freezing (ABF)* (Nazir, 2019).
2. Industri makanan. Air beku digunakan dalam industri makanan untuk mempertahankan kesegaran bahan makanan dan menghasilkan produk makanan beku, seperti es krim, makanan laut beku, dan daging beku (Hanifah, Dwiloka, & Pramono, 2020).

3. Industri kedokteran. Air beku digunakan dalam industri kedokteran untuk menyimpan dan mengirimkan sampel darah, jaringan, dan organ yang membutuhkan suhu dingin untuk menjaga kualitas dan keamanannya (Yekti, Setiawan, Rachmawati, & Susilawati, 2023).
4. Penelitian. Air beku digunakan dalam penelitian untuk menyimpan dan mengirimkan sampel biologis, seperti sel dan jaringan, yang membutuhkan suhu dingin untuk menjaga kualitas dan keamanannya (Mandasari & Nisa, 2019).
5. Sistem kendali mempertahankan homeostasis secara dinamis melibatkan komponen seluler hingga ke tingkatan sistem organ. Berikut beberapa organ utama yang terlibat dalam homeostasis.

Hubungan air beku dengan komponen-komponen lain dalam sumber daya air adalah sebagai berikut:

1. Air tawar. Air beku adalah bentuk air tawar yang tersimpan dalam wujud padat. Di banyak daerah, air beku seperti salju dan es sangat penting karena menjadi sumber air tawar yang signifikan saat mencair. Air beku ini dapat meleleh selama musim semi atau panas, menyediakan air yang diperlukan untuk berbagai keperluan, termasuk irigasi pertanian, pasokan air minum, dan penggunaan lainnya.
2. Siklus air. Air beku adalah salah satu tahap dalam siklus air. Ketika es mencair, air ini akan mengalir ke sungai, danau, dan sistem akuifer bawah tanah. Oleh karena itu, es berperan dalam penyediaan air bagi berbagai ekosistem dan manusia. Proses ini juga penting dalam menjaga keseimbangan ekologi dan menjaga kualitas air.

3. Pengelolaan banjir. Di daerah dengan musim dingin yang ketat, air beku seperti lapisan salju dan es di permukaan tanah dapat berperan sebagai “reservoir” sementara untuk air. Ketika salju mencair pada musim semi atau saat terjadi hujan, ini dapat meningkatkan risiko banjir. Oleh sebab itu pengelolaan air beku dan peningkatan pemahaman terhadap dinamika salju dan es sangat penting dalam manajemen banjir.
4. Energi hidro. Beberapa pembangkit listrik tenaga air menggunakan air beku sebagai sumber daya. Selama musim dingin, air beku di gletser dan pegunungan dapat mencair selama musim panas, menyediakan pasokan air yang konstan ke pembangkit listrik tenaga air. Ini memungkinkan pembangkit listrik untuk menghasilkan energi listrik yang dapat digunakan oleh masyarakat.
5. Konservasi sumber daya. Pemahaman tentang perubahan iklim dan efeknya terhadap pola pembekuan dan pelelehan es sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan memastikan ketersediaan air yang berkelanjutan. Sumber daya air, termasuk air beku, harus dikelola dengan bijaksana untuk menghindari degradasi lingkungan dan kelangkaan air di masa depan.
6. Kualitas air. Es dapat berperan dalam mengatur suhu air dalam sungai dan danau. Pada musim panas, ketika es mencair, ini dapat mempengaruhi suhu air dan berdampak pada kualitas ekosistem air. Suhu air yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi organisme air, seperti ikan dan makhluk air lainnya.

Daftar Pustaka

- Agniy, R. F., Adji, T. N., Haryono, E., Nurkholis, A., Cahyadi, A., Pratama, A. D., & Dwiputra, D. S. (2019). Karakteristik Sistem Aliran Sungai Bawah Tanah di Kawasan Karst Jonggrangan dengan Tracer Test. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Aji, K., Ulum, M., Haryanto, & Alfita, R. (2021). Implementasi Data Logger Sebagai Perangkat Monitoring Pada Sistem Desalinasi Hybrid Berbasis Energi Terbarukan. *Multitek Indonesia : Jurnal Ilmiah*, 1-6.
- Ambarwati, P. D. (2013). Kajian Kualitas Air Tanah Di Sekitar Kawasan Budidaya Ikan Pada Keramba Jaring Apung Di Waduk Jatiluhur Kabupaten Purwakarta. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Antosia, R. M., Pesma, R. A., Putri, I. A., Erlangga, M. P., & Ekawati, G. M. (2022). Pemanfaatan Metode Geolistrik 2 Dimensi dalam Mengidentifikasi Kemenerusan Lapisan Air Tanah di Dusun IID, Desa Jatimulyo, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 753-762.
- Boimau, Y., Maubana, W. M., & Adelia, K. A. (2023). Pemodelan Anomali Aliran Sungai Bawah Tanah Menggunakan Data Self-Potential. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 39-46.
- Dhofir, Y. P. (2017). Aplikasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi untuk Pemetaan Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan terhadap Indeks Konservasi Air Tanah di DAS Ciliwung Bagian Hulu, Jawa Barat. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Fatimah. (2022, Agustus 17). rpp.co.id. Retrieved from <https://rpp.co.id/proses-terjadinya-air-tanah/#>:
<https://rpp.co.id/proses-terjadinya-air-tanah/#>

- Hanifah, N., Dwiloka, B., & Pramono, Y. B. (2020). Pengaruh Berbagai Metode Thawing Daging Ayam Petelur Afkir Beku Terhadap Kadar Air dan Tingkat Kesukaan Tekstur Bakso Ayam. *Jurnal Teknologi Pangan*, 77-81.
- Huwaina, A., Hasibuan, H. S., & Fatimah, E. (2022). Pemanenan Air Hujan untuk Meningkatkan Aksesibilitas Air di Permukiman Pesisir, Kasus Jakarta, Indonesia. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 182-198.
- Istanto, T. (2012). Pengaruh Temperatur Udara Terhadap Unjuk Kerja Unit Desalinasi Surya Berbasis Pompa Kalor dengan Menggunakan Proses Humidifikasi-Dehumidifikasi. *Mekanika*, 1-7.
- Kapita, H., Rahman, I. H., Idrus, S., & Loby, N. (2022). Teknologi Pemanfaatan Air Hujan dengan Sistem Saringan Pasir Lambat. *Jurnal Teknik SILITEK*, 135-144.
- Kurniawan, J., Siswoyo, H., & Yuliani, E. (2020). Pemetaan Indeks Kualitas Air Tanah untuk Irigasi dan Kesesuaiannya dengan Jenis Tanaman pada Lahan Irigasi Air Tanah di Kecamatan Plumpang Kabupaten Tuban. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan*.
- Linsley, R., Franzini, J., & Sasongko, D. (1994). *Teknik Sumber Daya Air Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Luthfi, A. (2019). Model Kelembagaan Tata Kelola Sumberdaya Air Tanah yang Berkelanjutan (Studi di Desa Sumberjati Kecamatan Silo Kabupaten Jember). *Jurnal SEOI - Fakultas Teknik Universitas Sahid Jakarta*, 47-56.
- Mandasari, A. A., & Nisa, I. C. (2019). Studi Komparatif Fraksi Air Susu Ibu Perah Segar dan Beku dalam Menghambat Bakteri Enterotoksigenik *Escherichia coli*. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 1-8.

- Musdalipa, A., Suhardi, & Faridah, S. N. (2018). Pengaruh Sifat Fisik Tanah dan Sistem Perakaran Vegetasi Terhadap Imbuhan Air Tanah. *Jurnal Agri Techno*, 35-39.
- Naufaldi, F. (2018). Aplikasi Metode Resistivitas 2D pada Pemetaan Pola Aliran Sungai Bawah Permukaan Kedung Banteng, Pacitan, Jawa Timur. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nazir, F. N. (2019). Proses Produksi Fillet Skin Less Ikan Patin (*Pangasius Pangasius*) Beku dengan Metode Air Blast Freezing di PT. Modern Mitra Sejati, Surabaya, Jawa Timur. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Nugroho, A. P., & Hardiyanti, R. (2022). Potensi Pemanfaatan Air Hujan untuk Memenuhi Kebutuhan Air dan Mengurangi Genangan di Kecamatan Depok, Sleman, D.I.Yogyakarta. *Jurnal Daur Lingkungan*, 19-22.
- Nuraini, F., Siregar, A. S., Arum, D. S., & Suhendra. (2022). Pendugaan Air Tanah Menggunakan Metode Vertical Electrical Sounding (VES) di Kelurahan Kandang Limun, Kota Bengkulu. *Newton-Maxwell Journal of Physics*, 65-70.
- Purwanto, Y., Darsono, & Koesuma, S. (2017). Identifikasi Pola Aliran Sungai Bawah Tanah Daerah Karst di Desa Gebangharjo Kecamatan Pracimantoro Menggunakan Metode Tomography Resistivity Konfigurasi Wenner-Schlumberger. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 114-120.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019. (n.d.).
- Wandowo, Abidin, Z., & Djijono. (2005). Penyelidikan Air Tanah di Kabupaten Pasuruan dengan Teknik Isotop Alam. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 8-17.

- Yaningsih, I. (2013). Pengaruh Temperatur Udara Terhadap Unjuk Kerja Unit Desalinasi Berbasis Pompa Kalor dengan Menggunakan Proses Humidifikasi dan Dehumidifikasi. *Mekanika*, 90-94.
- Yekti, A. P., Setiawan, R. E., Rachmawati, A., & Susilawati, T. (2023). Kualitas Semen Beku Sapi Limousin Setelah Thawing Menggunakan Air Dingin dengan Lama Waktu yang Berbeda. *Jurnal Agripet*, 25-32.
- Zainudin. (2018). Pendugaan Pola Aliran Sungai Bawah Tanah pada Kawasan Karst Maros dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger. Makassar: UIN Alauddin Makassar.

Profil Penulis



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

Penulis dilahirkan di Malang, pada tanggal 18 Juli 1983. Ketertarikan penulis terhadap ilmu lingkungan dimulai pada pertengahan tahun 2006 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk melanjutkan studi S2 ke Universitas Brawijaya dengan memilih Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan Pembangunan dan berhasil lulus pada tahun 2008. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi D3 Pengelolaan Lingkungan, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Penulis pernah menjabat sebagai sekretaris Unit Penjaminan Mutu, dan sekarang menjabat sebagai Ketua Program Studi D3 Pengelolaan Lingkungan serta menjadi anggota senat Politeknik Pertanian Negeri Samarinda; dan sebagai bendahara komite sekolah SMP Islamic Center Samarinda. Sehari-harinya bekerja sebagai dosen pengampu mata kuliah Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Pengantar Ilmu Lingkungan, dan Teknik Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan book chapter. Buku ini merupakan book chapter yang keempat. Penulis juga memiliki paten di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra dengan luaran berupa buku yang berjudul Pengantar Ilmu Lingkungan. Paten ini diterbitkan Tahun 2020 oleh Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia berdasarkan nomor permohonan EC00202007137.

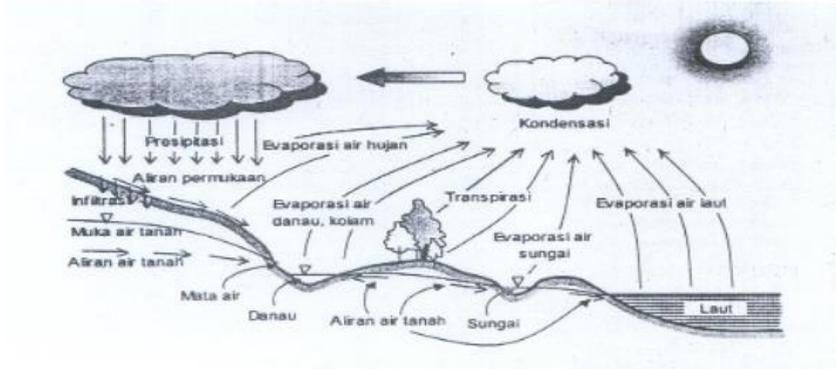
Email Penulis : kemala.hadidjah@politaniamarinda.ac.id

POTENSI SUMBER DAYA AIR

Ir. Rahmad Hidayat Boli, S.T. M.T.
Universitas Gorontalo

Pendahuluan

Air merupakan sumber daya alam yang berperan penting bagi kehidupan seluruh makhluk hidup dan sebagai salah satu kebutuhan pokok dalam keberlangsungan hidup, termasuk manusia (Sukobar, 2007).. Oleh karena itu tanpa air maka proses kehidupan tidak dapat bertumbuh kembang, dalam hal ini penyediaan air baku sangat penting untuk dikembangkan dan menjadi prioritas utama sebagai dampak dari kebutuhan irigasi, domestik dan industri. Untuk itulah Perserikatan Bangsa Bangsa (PBB) menyampaikan bahwa air merupakan hak azasi manusia, artinya bahwa setiap manusia yang ada di muka bumi ini memiliki hak yang sama dalam pemakaian air. Undang – Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945, dan Undang- Undang No. 7 Tahun 2004 yang diperbaharui dengan Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air yang mengatakan bahwa hak masyarakat Indonesia dijamin dalam pemenuhan sumber daya air.



Gambar 4.1 Pengelolaan SDA
(Sumber: Modul pengelolaan SDA terpadu, 2017)

Potensi Sumber Daya Air

Potensi sumber daya air mengacu pada kemampuan suatu daerah atau lokasi untuk memanfaatkan air sebagai sumber daya yang bermanfaat (I Gusti Agung Putu Eryani, 2014). Potensi ini dapat mencakup berbagai aspek yang berkaitan dengan penggunaan air untuk keperluan manusia, pertanian, industri, energi dan lingkungan (Swenekhe, 2010). Berikut adalah beberapa faktor yang mempengaruhi potensi sumber daya air:

1. Sumber air
 - a. Sungai dan aliran air adalah keberadaan sungai – sungai dan aliran air memungkinkan untuk pembangunan bendungan, pembangkit listrik tenaga air, dan penggunaan air untuk irigasi.
 - b. Danau dan waduk adalah danau – danau alami atau waduk buatan dapat dijadikan sumber air untuk pengairan, konsumsi manusia, atau keperluan industri.

2. Ketersediaan Air

- a. Curah hujan adalah daerah dengan curah hujan tinggi memiliki potensi lebih besar untuk mengumpulkan air permukaan yang dapat dimanfaatkan.
- b. Hujan musim adalah daerah yang mengalami musim hujan dan kemarau dapat menyimpan air selama musim hujan untuk digunakan saat musim kemarau.

3. Topografi

Kemiringan dan relief yaitu topografi yang curam dapat mendukung pembangunan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dengan aliran air yang kuat.

4. Kondisi Geologi

Akuifer adalah formasi geologi yang memungkinkan penyimpanan air bawah tanah dapat dimanfaatkan untuk suplai air bersih.

5. Kondisi Iklim

Daerah beriklim gurun cenderung memiliki potensi terbatas untuk sumber daya air, sementara daerah beriklim lembap memiliki potensi lebih besar.

6. Pemanfaatan dan Infrastruktur:

- a. Bendungan dan waduk adalah infrastruktur seperti bendungan dan waduk dapat mengumpulkan air, mengatur aliran air, dan menghasilkan listrik melalui PLTA.
- b. Pengairan adalah sistem pengairan dapat memanfaatkan air untuk pertanian.
- c. Pembangkit listrik adalah air digunakan dalam pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan beda tinggi atau *Head*

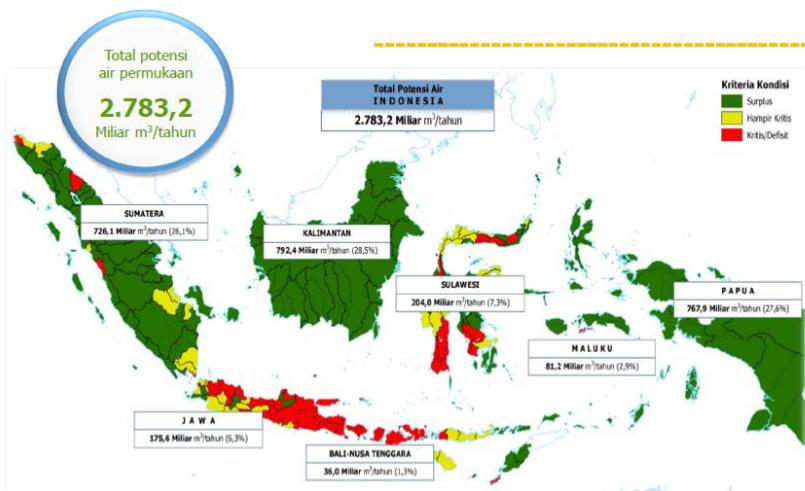
7. Kebutuhan Manusia

- a. Konsumsi air manusia adalah kebutuhan air pokok untuk minum, mandi, dan aktivitas sehari-hari.
- b. Industri adalah banyak industri membutuhkan air dalam proses produksi.

8. Perlindungan Lingkungan

Ekosistem air tawar adalah perlindungan ekosistem air tawar seperti sungai, danau, dan rawa penting untuk keberlanjutan lingkungan.

Pengelolaan yang bijaksana terhadap potensi sumber daya air melibatkan pemahaman mendalam tentang kondisi geografis, iklim, kebutuhan manusia, dan dampak lingkungan (I Wayan Sutapa, 2009). Dengan mempertimbangkan faktor-faktor ini, pemerintah dan lembaga terkait dapat merencanakan pengelolaan air yang berkelanjutan dan memaksimalkan manfaatnya bagi masyarakat dan lingkungan.



Gambar 4.2 Ketersediaan air Potensial (Puslitbang SDA, 2016)

Menurut (Candra Samekto dan Ewin SofianWinata, 2010) mengatakan bahwa ketersediaan air di Indonesia mencapai 694 milyar meter kubik pertahun. Dengan melihat kondisi ketersediaan air tersebut, maka potensi ini dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin dalam sektor industri, irigasi dan kebutuhan rumah tangga. Uraian tersebut disampaikan bahwa hanya sekitar 20 persen yang dimanfaatkan untuk kebutuhan air baku rumah tangga, sedangkan 80 persen dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi. Sementara itu potensi sumber daya air diseluruh dunia terdiri dari 97 persen air laut dan 3 persen air tawar, hal ini menandakan bahwa kekayaan sumber air sangat melimpa dan dapat dimaksimalkan untuk keberlangsungan kehidupan termasuk manusia.

Identifikasi Sumber Daya Air

Identifikasi sumber daya air sangat penting untuk lakukan karena salah satu kebutuhan pokok bagi manusia, pertanian, industri dan ekosistem alami (Popi Rejekiningrum, et al, 2010). Oleh karena itu, sangat penting untuk menjaga dan mengelolah sumber daya air agar tercapai keberlanjutan lingkungan kepentingan manusia Asep Hariyanto dan K. Herry Iskandar, 2015).

1. Sungai atau anak sungai adalah salah satu sumber daya air utama yang berasal dari aliran air hujan, mata air dan danau. Sungai tersebut dapat dimanfaatkan untuk persediaan air bersih, pembangkit listrik tenaga air, transportasi, dan rekreasi.
2. Danau dan waduk adalah badan air yang umumnya terbentuk oleh aliran air dari sungai atau mata air. Danau dan waduk tersebut dapat dimanfaatkan untuk menyimpan air untuk konsumsi manusia, irigasi untuk pertanian dan pembangkit listrik tenaga air.

3. Mata air adalah sumber air yang berasal dari aliran air bawah tanah yang muncul di permukaan. Mata air sering digunakan sebagai sumber air minum yang berkualitas tinggi dikarenakan air tersebut bersih dan bebas dari polusi.
4. Air hujan adalah sumber daya air yang berasal dari presipitasi atmosfer. Air hujan dapat dikumpulkan dan disimpan dalam tandon atau *resevoir* air untuk digunakan dalam irigasi atau bahkan sebagai sumber air minum.
5. Air tanah adalah air yang terdapat di dalam lapisan tanah di bawah permukaan. Sumber air tersebut dapat diakses melalui pengeboran tanah, Air tanah tersebut seringkali digunakan untuk pasokan air minum dan irigasi pertanian (S. Subekti, 2012).
6. Air laut adalah sumber daya air yang berasal dari samudra dan lautan. Air laut dapat diubah menjadi air tawar melalui proses destinasi atau proses penyulingan untuk memenuhi kebutuhan air bersih di daerah-daerah yang kekurangan air tawar dan dapat digunakan juga untuk pembangkit listrik gelombang air laut atau pasang surut air laut (Nono Sutrisno dan Adang Hamdani, 2019).

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ketersediaan Air Bersih

Faktor – faktor ini penting untuk perencanaan dan pengelolaan yang berkelanjutan dari sumber daya air guna memenuhi kebutuhan dimasa yang akan datang (Willy Candra Rompis, 2013). Demikian contoh – contoh faktor yang dapat mempengaruhi ketersediaan air:

1. Iklim atau curah hujan dalam suatu wilayah sangat memengaruhi ketersediaan air. Setiap daerah dengan curah hujan tinggi cenderung mendapatkan lebih

banyak air daripada daerah dengan curah hujan rendah. Suhu udara juga dapat mempengaruhi laju penguapan air dari permukaan tanah dan permukaan air, yang dapat mengurangi ketersediaan air.

2. Geografi adalah Ketersediaan air yang dapat dipengaruhi oleh topografi suatu wilayah, pegunungan dan lembah dapat mempengaruhi pola aliran sungai dan distribusi air.
3. Vegetasi dan tutupan tanah dapat memengaruhi infiltrasi air ke dalam tanah dan memperlambat aliran permukaan, yang dapat memengaruhi penyangga air tanah dan aliran sungai. penggunaan lahan seperti urbanisasi atau pertanian dapat mengubah aliran air permukaan dan kualitas air.
4. Penggunaan yang tidak terbagi rata yaitu air konsumsi, sanitasi, industri dan pertanian dapat memengaruhi ketersediaan air. Termasuk irigasi pertanian sebagian besar air dunia digunakan untuk irigasi pertanian, sehingga pola irigasi dan efisiensi penggunaan air di bidang ini memengaruhi ketersediaan air.
5. Polusi air adalah pencemaran air oleh bahan kimia berbahaya, limbah industri, atau limbah domestik dapat mengurangi ketersediaan air yang aman untuk digunakan.

Potensi Pengembangan

Potensi pengembangan sumber daya air mencakup berbagai peluang dan proyek yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya air, menghasilkan energi, dan memenuhi berbagai kebutuhan manusia (Hendrik Pristianto, 2010). Berikut beberapa potensi pengembangan sumber daya air yang umum:

1. Infrastruktur sebagai salah satu kemampuan untuk membangun dan mengembangkan infrastruktur seperti bendungan, saluran irigasi, dan waduk untuk dapat mengelola sumber daya air.
2. Air tanah sebagai salah satu potensi penggunaan dan pengelolaan air tanah melalui sumur atau mata air
3. Energi terbarukan sebagai salah satu pemanfaatan tenaga air untuk pasokan energi listrik sebagaimana yang tertera dalam Direktorat ESDM terdapat dalam EBTKE (Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi)
4. Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang utama. Potensi PLTA tergantung pada aliran air yang konsisten, ketinggian jatuh air, dan volume air yang tersedia. Pembangunan PLTA dapat menghasilkan energi listrik yang bersih dan dapat diandalkan.
5. Pengelolaan berkelanjutan adalah praktik – praktik yang menjaga kualitas dan ketersediaan sumber daya air dalam jangka panjang.
6. Konservasi air sebagai upaya untuk mengurangi pemakaian air yang berlebihan dan meminimalkan dampak negatif terhadap ekosistem.

Potensi pengembangan sumber daya air mencakup berbagai peluang dan proyek yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya air, menghasilkan energi, dan memenuhi berbagai kebutuhan manusia (Deo Volentino, 2013).

Pengelolaan dan Konservasi Sumber Daya Air

Pengelolaan dan konservasi sumber daya air sangat penting karena sumber daya air dunia semakin terbatas dan terpengaruh oleh perubahan iklim (M. Kudeng Sallata, 2015). Upaya untuk menjaga sumber daya air yang berkelanjutan sebagai salah satu kunci untuk memastikan ketersediaan air yang memadai bagi generasi yang akan mendatang (Kustamar, 2016). Pengelolaan dan konservasi sumber daya air merujuk pada berbagai tindakan dan praktik yang dilakukan untuk menjaga ketersediaan, kualitas dan keberlanjutan (Sulastoro Romanus Ignatius, 2013). Baik sumber daya air permukaan seperti sungai dan danau, maupun air tanah. Tujuan dari pengelolaan dan konservasi sumber daya air adalah untuk memastikan bahwa air dapat digunakan secara efisien dan berkelanjutan oleh manusia dan ekosistem dan untuk mengatasi tantangan yang berkaitan dengan perubahan iklim serta pertumbuhan populasi Anie (Yulistyorini, 2011). Berikut ada beberapa konsep utama dalam pengelolaan dan konservasi sumber daya air:

1. Efisiensi penggunaan air
2. Pengembangan Infrastruktur
3. Pengelolaan perairan
4. Konservasi air
5. Mitigasi dampak perubahan iklim.

Dari beberapa item diatas menunjukkan bahwa penting untuk menjaga dan memaksimalkan penggunaan air agar tercapai dan dapat terbagi merata ke sektor yang membutuhkan seperti penggunaan air bersih, pertanian dan industri.

1. Prinsip – prinsip pengelolaan yang berkelanjutan adalah pedoman atau konsep dasar yang digunakan dalam pengelolaan sumber daya alam, termasuk sumber daya air, dengan tujuan memastikan bahwa penggunaan sumber daya air tersebut tidak melebihi kapasitas alam untuk memperbarui dirinya sendiri atau mempertahankan keberlanjutan jangka panjang.
2. Pendekatan konservasi air adalah serangkaian tindakan atau strategi yang dirancang untuk mengurangi pemborosan air atau pemakaian air yang berlebihan dan mempertahankan sumber daya air dengan cara yang berkelanjutan. Pendekatan ini mencakup berbagai praktik seperti:
 - a. Penggunaan Air yang Efisien
 - b. Pengumpulan dan pemanfaatan air hujan
 - c. Penggunaan toilet hemat air
 - d. Menggunakan teknologi hemat air
 - e. Mengendalikan kebocoran
3. Rekayasa Lingkungan untuk Konservasi adalah penggunaan teknik atau desain yang memanipulasi unsur – unsur lingkungan alam atau buatan dengan tujuan menjaga dan atau meningkatkan ketersediaan, kualitas serta efisiensi penggunaan sumber daya air (M. Kudeng Sallata, 2015). Hal ini mencakup berbagai tindakan seperti:
 - a. Rekayasa drainase adalah untuk mengubah pola drainase untuk mengurangi erosi tanah dan aliran air permukaan yang cepat
 - b. Pembuatan wetland buatan adalah membuat dan mengelola lahan basah buatan untuk meningkatkan penyaringan air dan menyediakan habitat berbagai spesies

- c. Desalinasi air laut untuk mengkonversi air laut menjadi air tawar yang dapat digunakan untuk keperluan minum dan pertanian
- d. Reklamasi air limbah untuk menggunakan teknologi pengolahan air limbah untuk mendaur ulang air limbah agar dijadikan sebagai media air untuk pertanian bahkan dikonsumsi.

Perubahan Iklim dan Dampaknya terhadap Potensi Sumber Daya Air

1. Perubahan iklim secara global merujuk pada perubahan sistem iklim bumi yang melibatkan perubahan jangka panjang dalam pola cuaca dan suhu rata-rata global (Tejo Nugroho et. al, 2022). Hal ini sebagai salah satu fenomena yang melibatkan peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi dan perubahan dalam pola curah hujan, angin, dan cuaca ekstrem di seluruh dunia. Perubahan iklim global utamanya dikaitkan dengan peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer yang disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi dan berbagai aktivitas industri.
2. Perubahan iklim global merupakan masalah lingkungan yang mendesak, karena dapat berdampak pada banyak aspek kehidupan seperti ketahanan pangan, air bersih, kesehatan manusia, keanekaragaman hayati dan ekonomi. Oleh karena itu, upaya mitigasi untuk pengurangan emisi gas rumah kaca dan adaptasi terhadap penyesuaian dengan dampak perubahan iklim yang sudah sangat penting.

3. Pengaruh suhu terhadap sumber daya air merujuk pada bagaimana perubahan suhu di lingkungan dapat memengaruhi ketersediaan dan karakteristik sumber daya air, termasuk aliran sungai, waduk, dan air tanah. Suhu adalah faktor penting dalam siklus hidrologi dan mempengaruhi berbagai aspek sumber daya air. Berikut beberapa pengaruh suhu terhadap sumber daya air:
 - a. Penguapan dan Evapotranspirasi adalah suhu yang lebih tinggi cenderung meningkatkan penguapan air dari permukaan tanah dan permukaan air seperti sungai dan waduk. Oleh sebab itu air dapat menguap lebih cepat dari sumber daya air yang dapat mengurangi ketersediaan air bagi keperluan manusia dan ekosistem.
 - b. Kualitas Air adalah suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan tingkat pertumbuhan alga dan bakteri dalam air yang dapat mempengaruhi kualitas air minum dan ekosistem air tawar.
 - c. Dampak pada Ekosistem Air Tawar adalah terjadi perubahan suhu dapat memengaruhi ekosistem air tawar, termasuk spesies ikan dan tanaman air. Perubahan ini dapat berdampak pada keanekaragaman hayati dan rantai makanan di dalam ekosistem air tawar.
 - d. Sirkulasi dan Pola Curah Hujan adalah pengaruh terhadap suhu atmosfer dapat memengaruhi sirkulasi udara dan pola curah hujan. Perubahan suhu dapat mengubah pola angin, yang pada gilirannya mempengaruhi distribusi curah hujan. Hal ini dapat menyebabkan perubahan dalam pola kekeringan dan curah hujan yang dapat memengaruhi ketersediaan air.

Konflik Sumber Daya Air

Aspek konflik potensial sumber daya air mengacu pada situasi di mana sumber daya air yang penting dapat menyebabkan konflik atau perselisihan di antara berbagai pihak yang bersaing untuk mengakses dan memanfaatkannya. Konflik ini dapat terjadi karena berbagai alasan sebagai berikut:

1. Keterbatasan sumber daya yakni banyak wilayah yang terbatas sumber daya air dan ketika permintaan air untuk dipenuhi pada berbagai keperluan seperti pertanian, industri, pemenuhan kebutuhan air minum dan ekosistem tumbuh lainnya, hal ini sangat memicu terjadi potensi konflik yang sangat meningkat.
2. Ketidaksetaraan akses ke sumber daya air, terutama di antara masyarakat yang berbeda secara sosial dan ekonomi, ini dapat menciptakan atau memicu ketegangan dan konflik akan terjadi.
3. Sumber daya yang bernilai tinggi sering kali memiliki nilai ekonomi dan strategis yang tinggi, hal ini dapat memicu persaingan dan konflik antara kelompok yang berusaha mengendalikan sumber daya air tersebut, seperti pertanian.
4. Pertumbuhan populasi dan urbanisasi adalah pertumbuhan populasi terutama dalam kota – kota besar, dan urbanisasi dapat meningkatkan permintaan akan air, menciptakan persaingan yang lebih besar atas sumber daya air.

Untuk menangani konflik potensi sumber daya air, diperlukan pencegahan, mitigasi, dan penyelesaian yang cukup. Ini mencakup negosiasi antar pemangku kepentingan, kerja sama internasional, peraturan dan kebijakan yang adil, dan mendorong praktik pengelolaan

air yang berkelanjutan. Konflik yang mungkin terjadi terkait sumber daya air dapat dicegah dengan menjadi sadar akan kemungkinan konflik dan berpartisipasi aktif dalam mencari solusi bersama.

Daftar Pustaka

- Asep Hariyanto dan K. Kerry Iskandar 2015. "Kajian Identifikasi Potensi dan Permasalahan Sumber Daya Air (Studi Kasus Belitung)" Volume 11 No 2 (2015)
- Anie Yulistyorini, 2011. "Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Pengelolaan Sumber Daya Air di Perkantoran" Volume 34 No 1 (2011)
- Candra Samekto dan Ewin SofianWinata (2010) Potensi sumber daya air Indonesia (https://www.academia.edu/1400597/Potensi_Sumber_Daya_Air_di_Indonesia)
- Deo Volentino, 2013. "Kajian Pengawasan Pemanfaatan Sumberdaya Air tanah di Kawasan Industri Kota Semarang" Volume 1 Nomor 3 (2013)
- Hendrik Pristianto, 2010. "Pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan di Kota Sorong" Volume II Nomor 1 (2010), ISSN 1979-7450
- I Gusti Agung Putu Eryani, 2014. "Potensi Air dan Metode Pengelolaan Sumber Daya Air Di Daerah Aliran Sungai Sowan Perancak Kaputen Jembrana" Volume 3 Nomor 1 (2014), ISSN: 2303-2693
- I Wayan Sutapa, 2009. "Studi Potensi Pengembangan Sumber Daya Air Di Kota Ampana Sulawesi Tengah" Volume 7 No 1 (2009)
- Jalu Tejo Nugroho, Cici Nurmalasari, Arief Laila Nugraha, 2022. "Identifikasi Zona Potensi Air Tanah Berbasis Sistem Informasi Geografis dan analytical hierarchy process (studi kasus: Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta)" Volume 5 Nomot 01 (2022), ISSN 2621-9883
- Kustamar, 2016 "Konservasi Sumber Daya Air di Hulu DAS" prosiding Temu Ilmiah IPLBI 2016
- M. Kudeng Sallata, 2015. "Konservasi dan Pengelolaan Sumber Daya Air Berdasarkan Keberadaannya Sebagai Sumber Daya Alam" Volume 12 Nomor 1 (2015)

- Nono Sutrisno dan Adang Hamdani, 2019. "Optimizing the Utilization of Water Resources Improve Agricultural Production" Volume 13 Nomor 2 (2019), ISSN 19907-0799
- Popi Rejekiningrum, Hidayat Pawitan, Budi Indra Setiawan, Budi Kartiwa, 2010. "Identifikasi Potensi Air Tanah untuk keberlanjutan Sumber daya Air: Kasus Di DAS Cicatih-Cimandiri Kabupaten Sukabumi Jawa Barat" Volume 6 Nomor 1 (2010)
- Swenekhe Sandra Durand, 2010. "Studi Potensi Sumber Daya Alam di Kawasan Pesisir Kabupaten Minahasa Selatan
- S. Subekti, 2012. "Studi Identifikasi Kebutuhan Dan Potensi Air Baku Air Minum Kabupaten Pasuruan" Volume 8 No 2 (2012) ISSN 0216-7395
- Sulastoro Romanus Ignatius, 2013. "Potensi Sumber Daya Air dan Perhitungan Volume Penampung Air Hujan untuk Mengatasi Kekurangan air Di Daerah Wonogiri Selatan" Volume IV No 2 (2013)
- Sukobar, 2007. "Identifikasi Potensi Sumber Daya Air Kabupaten Pasuruan" Volume 3 No 1 (2007) ISSN. 1907-753X
- Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945, dan Undang- Undang No. 7 Tahun 2004 yang diperbaharui dengan Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air
- Willy Candra Rompies, 2013. "Analisis Potensi Sumber Daya Air Sungai Kayuwatu Wangko Untuk Perencanaan Pembangkit Listrik di Desa Karor Kecamatan Lembean Timur Kabupaten Minahasa" Volume 1 No 10 (2013) ISSN: 2337-6732

Profil Penulis



Ir. Rahmad Hidayat Boli, S.T. M.T.

Lahir di Bau Tana Toraja Sul-Sel, pada tanggal 24 Mei 1993. Pendidikan dasar, SMP dan SMA diselesaikan di kota kelahirannya Tana Toraj. Penulis melanjutkan pendidikan S-1 di Jurusan Teknik Mesin Universitas Gorontalo pada tahun 2012, dan memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) pada tahun 2016. kemudian melanjutkan S-2 (M.T.) Bidang Mekanika Fluida di Pasca Sarjana Magister Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia Makassar tahun 2016-2018, Gelar Profesi Insinyur (Ir) diperoleh dari Universitas Tadulako. Penulis merupakan Dosen tetap Yayasan Duluo Limo Lo Pohalaa Gorontalo sejak tahun 2018 sampai sekarang. Kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi penulis terutama berkaitan erat dengan bidang Mekanika Fluida, Energi terbarukan dan Termodinamika. Kegiatan lain yang sering dilakukan secara rutin adalah sebagai Tenaga Ahli konstruksi Bidang Mekanikal, Elektrikal dan Plumbing sejak tahun 2018 sampai sekarang kemudian aktif menjadi Tenaga Ahli Badan Pemeriksa Keuangan (BPK) Provinsi Gorontalo sejak tahun 2022 sampai sekarang.

Email Penulis: rh668132@gmail.com

PENGERASIAN WADUK

Septiono Bangun Sugiharto, S.K.M., M.P.H.
Universitas Jenderal Soedirman

Pentingnya Waduk di dalam Ketersediaan Air dan Kesehatan

Indonesia adalah negara tropis dengan dua musim (kemarau dan penghujan) yang berjalan sepanjang tahun. Pada saat ini, orang sudah kesulitan untuk menandai datangnya musim penghujan atau musim kemarau. Beberapa puluh tahun lalu, untuk menentukan musim penghujan dan musim kemarau dapat ditentukan dengan hitungan bulan dengan bekal ilmu geografi, seperti musim kemarau biasa terjadi dibulan-bulan April sampai dengan September. Musim penghujan di bulan-bulan Oktober – Maret. Rupanya, hal ini sekarang sulit sekali untuk menentukan kapan datang musim penghujan, atau kapan mulai masuk musim kemarau. Banyak hal tentu yang dapat menyebabkan perubahan ini, salah satunya adalah peningkatan industrialisasi, dan masuknya bahan-bahan cemaran yang masuk kedalam atmosfer utamanya di lapisan stratosfer dan troposfer.

Pada saat musim penghujan, debit air akan dengan mudah tersedia, beda halnya ketika musim kemarau (yang berkepanjangan), kadang ketersediaan dan debit air yang tersedia akan terbatas. Untuk mengendalikan terjadinya ketidakseimbangan jumlah ketersediaan air

pada saat musim penghujan dan musim kemarau, serta untuk mengoptimalkan manfaat di beberapa daerah di Indonesia telah dibangun sejumlah bendungan/waduk (Anonim, 2017).

Dengan adanya waduk, maka kelebihan air pada musim hujan dapat ditampung dan dimanfaatkan selama musim kemarau, selain itu adanya waduk juga dapat dijadikan sebagai sarana pengendali banjir pada musim penghujan (Elsaputra, dkk., 2017). Waduk menurut pengertian umum adalah tempat pada permukaan tanah yang digunakan untuk menampung air saat terjadi kelebihan air/musim penghujan sehingga air itu dapat dimanfaatkan pada musim kering. Sumber air waduk terutama berasal dari aliran permukaan ditambah dengan air hujan langsung. Manfaat waduk terdiri dari dua yaitu single (hanya satu tujuan/manfaat) dan multi (lebih dari satu tujuan/manfaat) (Sofyan, 2021). Manfaat waduk bagi masyarakat, diantaranya adalah:

1. Penyediaan air irigasi
2. Pembangkit listrik
3. Penyediaan air baku (industri, air minum, dan sebagainya)
4. Pengendali banjir
5. Pemeliharaan Sungai
6. dan sebagainya (Anonim, 2017).

Menurut Mays, Larry W dan Yeou Koung Tung (1992) yang disitasi oleh Wesli (2023), potensi waduk dalam kemampuannya menampung air (kapasitas waduk, storage capacity) dibedakan menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Kapasitas mati (dead storage zone) dipergunakan untuk pengumpulan sedimen.

2. Kapasitas efektif (effective/usefull storage) merupakan kapasitas yang dipergunakan tindakan konservasi sumber air (penyediaan air baku, irigasi navigasi dan lain-lain), sehingga setiap pemanfaatan waduk dalam konservasi waduk tidak dapat melebihi kapasitas efektif.
3. Kapasitas penahan banjir (flood control) merupakan kapasitas waduk yang berguna untuk menahan kelebihan air guna mengurangi potensi kerusakan akibat banjir.

Waduk merupakan sebuah struktur/bangunan air yang dibuat dengan tujuan menampung air dalam jumlah yang cukup besar. Biasanya waduk dibangun di aliran sungai atau daerah aliran sungai untuk mengatur aliran air, menyimpan air, dan manfaat serta keperluan lainnya berkaitan dengan air. Waduk sering digunakan untuk penyediaan air irigasi bagi lahan pertanian, pengendalian banjir, pembangkit listrik tenaga air, serta keperluan air minum dan industri. Waduk juga dapat dijadikan sebagai tempat rekreasi, pariwisata, pengembangan bidang perikanan air tawar. Waduk berperan sebagai tempat penyimpanan dan penampungan air yang cukup selama musim basah, sehingga air tersebut dapat digunakan pada musim kering (Media, dkk., 2023).

Kebutuhan yang pertama dalam upaya penyelenggaraan kesehatan adalah ketersediaan air baik dari kualitas maupun kuantitasnya. Kekhawatiran utama dimana air dapat berfungsi sebagai media penularan penyakit memungkinkan organisme penyebab penyakit akan tersebar melalui penyediaan air. Ketersediaan air yang ada terlalu sedikit membuat kebersihan perorangan tidak mungkin dilakukan sebagaimana mestinya (Damayanti, dkk., 2016). Ini tentu sebuah dilematika yang mesti ditangani.

Pengendalian pencemaran air dilakukan untuk mempertahankan kualitas air yang masuk dan yang berada di dalam waduk. Kegiatan ini dilakukan oleh Pengelola bendungan melalui kegiatan pencegahan masuknya pencemar ke dalam air yang akan masuk ke waduk. Pengendalian pencemaran air untuk air yang berada di dalam waduk, dilakukan oleh Pengelola bendungan melalui kegiatan:

1. Pencegahan masuknya pencemar ke dalam waduk;
2. Penanggulangan pencemaran air pada waduk (Rasyid, 2022).

Kontaminasi mikroba memberi dampak negatif pada permasalahan kesehatan manusia. Salah satu media penularan penyakit adalah dapat bersumber dari air (water borne disease). Disini tentu intervensi dalam pengolahan sumber daya air waduk menjadi bahan baku air minum yang dapat dikonsumsi menjadi hal yang urgen dalam ikut serta membangun kesehatan masyarakat. Damayanti, dkk (2016), Penyediaan air minum untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dapat meningkatkan kehidupan yang sehat, bersih dan produktif.

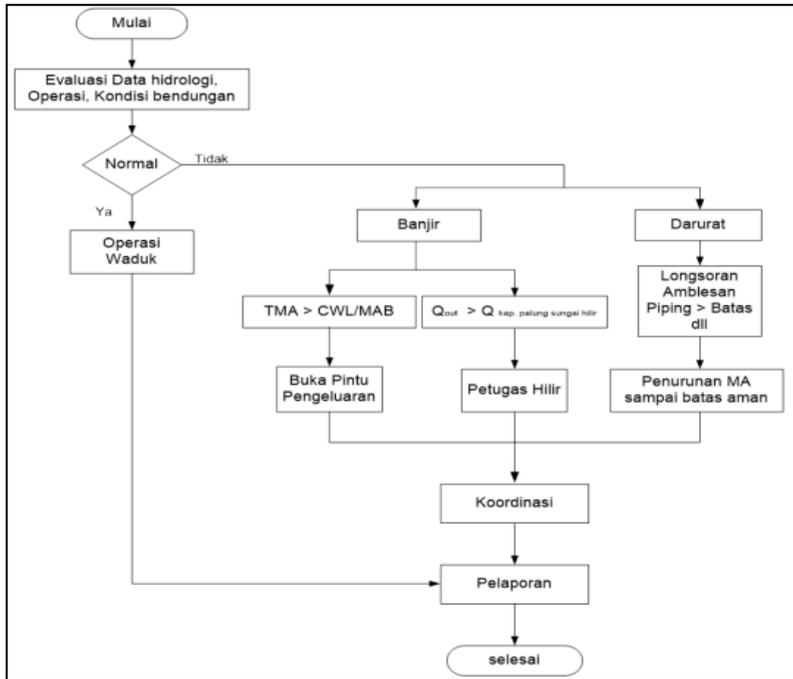
Pengoperasian Waduk

Pengoperasian waduk adalah kegiatan yang harus rutin dilakukan, setelah waduk tersebut digunakan mulai dari pertama kali difungsikan/dioperasikan sampai dengan waduk tersebut dimanfaatkan selama waduk tersebut masih ada (keberadaannya). Operasi pemanfaatan sumber daya air yang optimal merupakan aspek yang sangat penting dalam pendayagunaan sumberdaya air khususnya pada perencanaan operasi waduk (Wesli, 2023).

Menurut Samosir, dkk., (2015), Operasi waduk (reservoir operation) adalah penampungan aliran air sungai ke dalam sebuah waduk (reservoir) dan pelepasan daripada air yang telah ditampung tersebut untuk berbagai tujuan tertentu. Menurut Nataniel, dkk., (2022), Operasi Waduk adalah kegiatan pengendalian air yang keluar dari waduk dalam rangka memenuhi berbagai kebutuhan air seperti kebutuhan air pokok maupun kebutuhan air irigasi serta untuk pengendalian banjir di hilir sesuai dengan pola dan rencana operasi yang telah ditetapkan.

Serangkaian kegiatan pengaturan air waduk sesuai dengan prosedur operasi yang telah ditetapkan adalah kegiatan pengoperasian waduk. Kegiatan pengoperasian waduk meliputi pengoperasian waduk itu sendiri serta bangunan pendukung waduk dalam rangka pengaturan air dan pemeliharaan waduk sesuai periode umurnya, guna menjamin terpenuhinya fungsi waduk dalam pemenuhan kebutuhan air di hilir, pengendalian banjir, serta upaya pengamanan bendungan pada keadaan darurat atau luar biasa. Pengoperasian waduk untuk melayani kebutuhan air irigasi maupun kebutuhan air lainnya seringkali dihadapkan pada berbagai kendala ketersediaan air yang relatif terbatas, terlebih pada tahun kering, sedangkan pada kondisi banjir diperlukan operasi kesiapsiagaan darurat banjir, sehingga diperlukan model operasi yang tepat (Setiawan, dkk., 2023).

Secara garis besar, mekanisme pengoperasian waduk dapat di gambarkan dalam struktur gambar sebagai berikut (Anonim, 2017):



Gambar 5.1 Prosedur Operasi Waduk (Anonim, 2017)

Penanggung jawab penyusunan Pola Operasi Waduk (POW) adalah Pengelola Bendungan yang harus ditinjau dan dievaluasi setiap lima tahun sekali. Penyusunan POW melibatkan instansi-instansi, stakeholder, wakil-wakil pemanfaat terkait dan dikoordinasikan melalui Tim Koordinasi Pengelola Sumber Daya Air (TKPSDA) Wilayah Sungai yang bersangkutan, serta Dewan Sumber Daya Air Nasional maupun daerah (Anonim, 2017). Pengoperasian waduk dipengaruhi oleh komponen sistem waduk yang terkait antara lain:

1. Air tampungan waduk
2. Bangunan/ fasilitas pengambilan dan pengeluaran
3. Instrumentasi pengontrol dan pemantauan
4. Daerah sempadan waduk
5. Daerah tangkapan waduk
6. Sistem pengelolaan / manajemen (Anonim, 2017).

Kegiatan Pengoperasian waduk atau Pola Operasi waduk dilakukan pada tiga kondisi sebagai berikut (Anonim, 2017):

1. Kondisi Normal (Operasi Normal)

Operasi Normal merupakan operasi rutin sesuai dengan panduan operasi dalam rangka memenuhi kebutuhan air di hilir.

2. Kondisi Banjir (Operasi Banjir)

Operasi Banjir adalah operasi dalam rangka mengatur muka air waduk agar tetap terjaga pada elevasi yang direncanakan (aman) yang dilakukan dengan cara mengoperasikan pintu pelimpah, apabila perlu pintu pengeluaran lainnya. Lazimnya, operasi banjir dilakukan pada bendungan dengan pelimpah berpintu atau pada bendungan pengendali banjir. Dalam pengeluaran air kebagian hilir perlu memperhatikan kemampuan/ kapasitas sungai yang ada di bagian hilir sehingga tidak menimbulkan bencana banjir yang tidak diinginkan. Operasi waduk dinyatakan siaga banjir apabila ketinggian muka air waduk telah mencapai tinggi tertentu, atau debit keluaran dari waduk telah mencapai besaran tertentu atau banjir di hilir telah melebihi kapasitas palung sungai.

3. Kondisi Darurat (Operasi Darurat)

Langkah ini dilakukan dalam rangka merespon keadaan yang mengarah pada ancaman keamanan dan atau keutuhan bendungan sehingga memerlukan penurunan muka air waduk. Keadaan yang dapat mengancam bendungan antara lain: longsoran besar, amblesan besar, perilaku abnormal, sabotase, keluaran air yang tak terkendali, retakan besar, dan lain-lain. Operasi dilakukan dengan cara

menurunkan air secara cepat lewat pintu-pintu pengeluaran darurat atau pintu pengeluaran yang lain hingga muka air waduk mencapai elevasi yang aman.

Pengoperasian waduk secara efisien dan optimal merupakan permasalahan yang kompleks karena melibatkan beberapa faktor seperti (Suharyanto, 2005):

1. Kebutuhan air baik untuk kebutuhan irigasi, air bersih, pelestarian lingkungan, dan kebutuhan pengendalian banjir,
2. Debit inflow yang akan masuk ke waduk yang tergantung dari keandalan peramalan debit inflow yang akan masuk ke waduk tersebut,
3. Pola dan kebijakan pengoperasian (operational policy) waduk,
4. Keandalan peramalan besar dan waktu akan terjadinya debit banjir,
5. Keandalan perkiraan kebutuhan air yang aktual,
6. Keandalan peralatan monitoring tinggi muka air waduk, debit aliran, dan curah hujan,
7. Koordinasi antara instansi yang terkait,
8. Skill dan intuisi operator-operator, dan
9. Sinkronisasi pengoperasian jangka pendek, jangka panjang, serta pengoperasian “real time”.

Indikator atau kinerja yang digunakan dalam mengevaluasi efisiensi dan optimalisasi dari pengoperasian waduk dapat meliputi (Suharyanto, 2005):

1. Keandalan (reliability), berupa pemenuhan kebutuhan-kebutuhan air sesuai dengan peruntukannya,
2. Kelentingan (resiliency) waduk yang mengukur kecepatan waduk untuk kembali ke keadaan “satisfactory” setelah waduk mengalami keadaan “unsatisfactory”. Sistem pengoperasian yang menghasilkan kelentingan yang tinggi (yaitu semakin cepat waduk kembali ke keadaan “satisfactory”), sistem pengoperasiannya semakin baik yaitu semakin lenting.
3. Kerawanan (vulnerability) yang mengukur besar, intensitas, serta frekuensi terjadinya pemenuhan kebutuhan air yang “unsatisfactory”,
4. Volume dan frekuensi terjadinya pelimpahan air saat musim penghujan,
5. Tolok ukur pengoperasian lain yang relevan yang akan ditentukan dalam penelitian sesuai dengan karakteristik pengoperasian waduk yang ditinjau.

Daftar Pustaka

- Anonim. (2017). Modul Operasi Waduk: Pelatihan Alokasi Air. Modul 8. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksinya. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Badan Pengembangan Sumber Daya Air. https://simantu.pu.go.id/epel/edok/903c8_MDL_Operasi_Waduk.pdf Diakses 15 Oktober 2023.
- Damayanti, Endiqaputri Dwi; Suroso Bambang Eko Warno; dan Suprijandani. (2016). Uji Coba Pengolahan Air Waduk Menjadi Air Minum dengan Metoda Koagulasi Filtrasi, dan Klorinasi. *Gema Lingkungan Kesehatan*, Vol.14 No. 2 Agustus 2016. Diakses tanggal 15 Oktober 2023 dari <http://journal.poltekkesdepkes-sby.ac.id/index.php/KESLING/article/view/241>.
- Elsaputra, I Putu Aldy Pradana dan Nadjadji Anwar. (2017). Studi Alternatif Perencanaan Pola Operasi Dan Alokasi Air Waduk Titab. *JURNAL HIDROTEKNIK* Vol. 2, No.2. Diakses pada tanggal 15 Oktober 2023 dari <https://iptek.its.ac.id/index.php/hidro/article/view/4407>.
- Media, Bambang Laras; Abdul Latif N; Wahudin Diantoro; Abdul Khamid. (2023). Kajian Optimasi Pengoperasian Waduk Malahayu Kecamatan Banjarharjo, Kabupaten Brebes. *Ocean Engineering: Jurnal Ilmu Teknik dan Teknologi Maritim*. Vol.2 No.3 September 2023. Diakses tanggal 15 Oktober 2023 dari <https://journal.unimar-anni.ac.id/index.php/ocean/article/download/1154/909>.
- Nataniel, Kevin Pratama; Novi Andhi Setyo Purwono; dan Atiyah Barkah. (2022). Optimasi Pola Operasional Waduk Penjalin Kecamatan Paguyangan Kabupaten Brebes terhadap Kebutuhan Irigasi. *TEODOLITA: Media Komunikasi Ilmiah Dibidang Teknik*, Vol 23, No. 2, Desember 2022. <https://e-journal.unwiku.ac.id/teknik/index.php/JT/article/view/454>.

- Rasyid, Ilmiadin. (2022). Panduan Konservasi Waduk. Diakses pada tanggal 15 Oktober 2023 dari laman https://simantu.pu.go.id/personal/img-post/199712062022031008/post/20221014161027_F_Buku_Panduan_Konservasi_Waduk.pdf.
- Samosir, Cahaya Santoso; Widadi Soetopo; dan Emma Yuliani. (2015). Optimasi Pola Operasi Waduk untuk memenuhi Kebutuhan Energi Pembangkit Listrik Tenaga Air (Studi Kasus Waduk Wonogiri). *Jurnal Teknik Pengairan*, Volume 6, Nomor 1, Mei 2015, hlm. 108-115. Diakses pada tanggal 15 Oktober 2023 dari <https://jurnalpengairan.ub.ac.id/index.php/jtp/article/download/232/226/513>.
- Setiawan, Ery; Sasmito; Heri Sulistiyono; dan Syamsul Hidayat. (2023). Model Operasi Waduk untuk Bendungan Urugan di NTB. *Prosiding SAINTEK E-ISSN: 2774-8057 LPPM Universitas Mataram Volume 5 Januari 2023*. <https://proceeding.unram.ac.id/index.php/saintek/article/download/235/233>. Diakses 15 Oktober 2023.
- Sofyan, Siti Astycha Ananda. (2021). Optimasi Operasi Waduk Jatigede Menggunakan Linear Programming dan Chance Constraint Non Linear Programming. *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering – Vol. 1, No. 2, Oktober 2021*. Diakses pada tanggal 15 Oktober 2023 dari <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/JACEE/article/view/2933>.
- Suharyanto. (2005). Pengoperasian Waduk dalam Rangka Penanganan Bahaya Kekeringan dan Banjir. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, Volume 13, NO. 1, Edisi XXXI Februari 2005. Diakses pada tanggal 15 Oktober 2023 dari <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/article/download/3897/3579>.

Wesli. (2023). Operasional Waduk. Teras Jurnal, Vol 3,
No 2, September 2013.
<https://teras.unimal.ac.id/index.php/teras/article/download/34/102>. Diakses 15 Oktober 2023.

Profil Penulis



Septiono Bangun Sugiharto, S.K.M., M.P.H

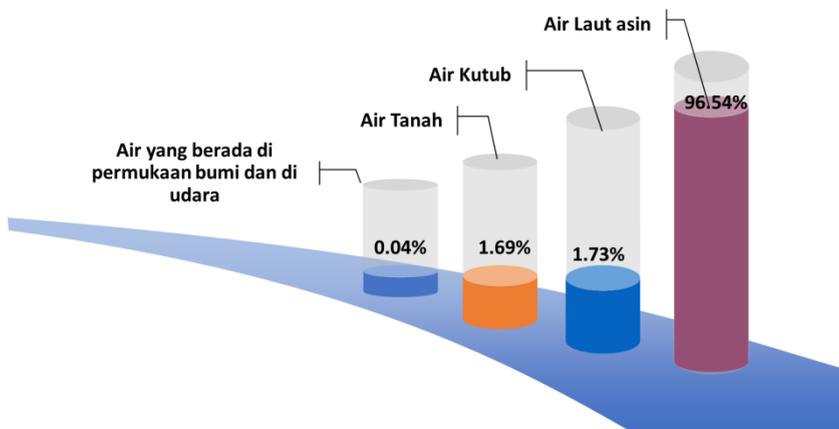
Penulis di lahirkan di Purbalingga pada tanggal 10 September 1984. Ketertarikan penulis terhadap ilmu kesehatan masyarakat dan kesehatan lingkungan dimulai pada tahun 2004 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk masuk ke ke Perguruan Tinggi dengan jurusan Kesehatan Masyarakat Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto tahun 2004, dan berhasil menyelesaikan studi S1 Kesehatan Masyarakat pada tahun 2009. Setelah itu penulis bekerja di beberapa tempat kerja diantaranya: CV. Gunung Jati Purwokerto; SMK Manuda Ajibarang; STIKES Bina Cipta Husada Purwokerto; dan pernah juga sebagai tenaga promosi Kesehatan di UPTD Puskesmas Karangmoncol Purbalingga pada kurun waktu 1 September 2020-31 Agustus 2023. Penulis menyelesaikan studi S2 di prodi IKM Peminatan Kesehatan Lingkungan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tahun 2016. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen di Jurusan Kesehatan Masyarakat Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat, FIKES Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto. Penulis memiliki sejumlah karya dalam book chapter, dan book chapter KESEHATAN LINGKUNGAN DASAR di bawah Penerbit Media Sains Indonesia adalah keterlibatan pertama penulis di naungan Penerbit Media Sains Indonesia bersama para penulis dari berbagai daerah di Indoneia. Buku tunggal yang pernah ditulis berjudul “Bunga Rampai Lingkungan Hidup” yang diterbitkan pada 2019 dibawah naungan penerbit Deepublish, Jogjakarta. Email Penulis: septiono.bangun@unsoed.ac.id.

KONSERVASI SUMBER DAYA AIR

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

Ketersediaan Air di Bumi

Air adalah sumber daya alam yang dinamik (*dynamic resources*), yang memberikan manfaat kehidupan bagi mahluk hidup. Pemanfaatan air di segala bidang, sehingga memberikan implikasi yang relatif pelik dan khas dalam upaya pengelolaan dan pemanfaatannya. Air juga merupakan sumber kehidupan bagi seluruh mahluk hidup di permukaan bumi. Ketersediaan air bersih di bumi ini 96,54% terdiri dari air asin, dan sisanya 3,36% merupakan air bersih. Jumlah air bersih tersebut terdiri air kutub 1,73%, air tanah 1,69%, dan air permukaan sebesar 0,04%. Air permukaan merupakan air yang berada di permukaan bumi seperti air sungai, air embung, air rawa, dan air waduk. Air tanah merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah (dalam lapisan tanah atau batuan), misalnya air sumur. Perkiraan Air di bumi menurut UNESCO dapat dilihat pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1. Ketersediaan air di bumi

Berdasarkan uraian di atas, jumlah air yang dapat digunakan secara langsung kurang dari 1%. Mahluk hidup yang ada di bumi ini membutuhkan air, namun jumlah air yang tersedia terbatas jumlahnya, bahkan setiap tahun ketersediannya terus berkurang. Hal ini tidak dapat dibiarkan sehingga perlu upaya konservasi sumber daya Air.

Konservasi Sumber Daya Air

Konservasi sumber daya air adalah upaya untuk melindungi, melestarikan, dan mengelola air secara terus menerus dan berkelanjutan (sustainable) agar dapat memenuhi kebutuhan saat ini dan menjamin ketersediaan air untuk masa mendatang. Hal ini penting karena air merupakan sumber daya yang terbatas dan kebutuhan terhadap sumber daya air dunia meningkat akibat pertumbuhan populasi yang meningkat, perubahan iklim, dan polusi.

Berdasarkan Undang-undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, konservasi sumber daya air dapat dilakukan dengan cara perlindungan dan pelestarian sumber air, pengawetan air, pengelolaan kualitas air, pengendalian pencemaran air.

1. Pelestarian sumber air dilakukan untuk melindungi sumber air dari kerusakan tangan manusia, misalnya reboisasi.
2. Pengawetan air dilakukan untuk memelihara ketersediaan air dan kuantitas air dengan cara menggunakan air secara efisien dan efektif, serta dengan mengelola air hujan menggunakan kolam tandon, lubang resapan biopori atau sumur resapan.
3. Pengelolaan kualitas air dilakukan dengan cara memperbaiki kualitas air pada sumber air dan prasarana sumber daya air.
4. Pengendalian pencemaran air dilakukan dengan cara mencegah pencemaran sumber daya air, seperti tidak membuang sampah atau limbah ke sumber air.

Langkah-langkah yang dilakukan untuk melestarikan sumber daya air:

1. Menghemat air di rumah, misalnya memperbaiki keran bocor, menutup keran jika sudah dipakai.
2. Mengelola air hujan dengan mengumpulkan air hujan (*Rain water harvesting*)
3. Metode pertanian berkelanjutan seperti irigasi tetes.
4. Edukasi Masyarakat tentang pentingnya konservasi air.
5. Perlindungan sumber air seperti sungai, danau dan waduk dari pencemaran.

6. Kebijakan dan peraturan pemerintah yang menerapkan kebijakan dan peraturan untuk perlindungan sumber daya air.
7. Penelitian dan inovasi penyediaan air untuk mendapat solusi yang lebih efisien dalam penggunaan air dan menjaga kualitas air.

Peraturan Pemerintah dan Undang-undang Konservasi Sumber Daya Air di Indonesia

Di Indonesia, peraturan pemerintah tentang konservasi sumber daya air terutama diatur dalam Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (UU SDA 2004). Undang-Undang ini menjadi kerangka hukum utama untuk pengelolaan sumber daya air di Indonesia dan menyediakan dasar hukum bagi peraturan lebih lanjut yang dikeluarkan oleh pemerintah.

Selain UU SDA 2004, ada beberapa peraturan pemerintah yang mengatur lebih rinci mengenai konservasi sumber daya air di Indonesia, antara lain:

1. Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 16 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air: PP ini mengatur standar kualitas air, tata cara pengendalian pencemaran air, serta mekanisme izin dan pengawasan terkait.
2. PP Nomor 13 Tahun 2009 tentang Izin Usaha Pertambangan dalam Rangka Pengusahaan Pertambangan Mineral dan Batubara: Meskipun lebih berfokus pada pertambangan, PP ini juga memiliki ketentuan yang berkaitan dengan pengelolaan sumber daya air dalam konteks pertambangan.

3. PP Nomor 122 Tahun 2015 tentang Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau dan Ruang Terbuka Publik Kota: PP ini mengatur perlindungan dan pelestarian sumber daya air di dalam kawasan ruang terbuka hijau dan ruang terbuka publik di wilayah perkotaan.
4. PP Nomor 45 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup: PP ini mencakup berbagai aspek pengelolaan lingkungan hidup, termasuk konservasi sumber daya air sebagai bagian dari perlindungan lingkungan secara keseluruhan.

Selain peraturan pemerintah, juga ada banyak peraturan daerah atau peraturan gubernur yang lebih spesifik dan berlaku di tingkat provinsi atau kabupaten/kota dalam rangka mengatur pengelolaan sumber daya air sesuai dengan kebutuhan setempat.

Macam-macam Konservasi Sumber Daya Air

Konservasi sumber daya air terdiri dari konservasi sumber daya air permukaan dan sumber daya air bawah tanah. Konservasi sumber daya air permukaan meliputi pencegahan banjir dan kekeringan, pencegahan erosi dan sedimentasi, pencegahan kerusakan bantaran sungai. Konservasi sumber daya air bawah tanah meliputi suar resapan air hujan.

Perlindungan dan pelestarian SDA meliputi pemeliharaan dan mempertahankan fungsi resapan air dan daerah tangkapan air, pengendalian pemanfaatan sumber air, pengisian air pada sumber air, pengaturan sarana dan prasarana sanitasi, perlindungan sumber daya air, pengendalian pemanfaatan lahan di daerah hulu, dan pengaturan daerah sempadan sumber air.

Kolam Konservasi Air (Embung)

Keberadaan air bersih menjadi faktor penting bagi kesejahteraan masyarakat dan keberlanjutan sektor pertanian, namun di beberapa daerah, mata air tidak ditampung dengan baik meskipun curah hujan sangat tinggi. Air tersebut terbuang dan tidak ditampung untuk digunakan kembali.

Embung merupakan kolam artifisial yang dibangun untuk menampung dan menyimpan air. Kapasitas volume air yang ditampung di embung tidak sebesar volume yang ditampung oleh waduk atau bendungan. Embung memiliki kapasitas volume kecil tertentu. Embung merupakan salah satu teknik pemanenan air (*water harvesting*). Di lahan rawa atau dataran tinggi, embung berfungsi sebagai tempat penampungan kelebihan air di musim hujan dan sebagai sumber air irigasi di musim kemarau. Embung juga berfungsi sebagai metode konservasi karena di sekeliling embung dilakukan penanaman pohon untuk meningkatkan cadangan air tanah.

Kolam konservasi air tersebut disebut juga dengan embung yang merupakan program strategis dalam konteks pengairan lahan pertanian. Ketika musim kemarau datang petani tak perlu khawatir karena ada embung yang memasok air sehingga produktivitas pertanian tetap terjaga. Embung secara operasional berfungsi mendistribusikan dan menjamin keberlanjutan ketersediaan pasokan air untuk keperluan tanaman ataupun ternak di musim kemarau dan mencegah banjir di musim penghujan. Salah satu contoh embung di Indonesia adalah Embung Bembem di Yogyakarta (Gambar 6.2).



Gambar 6.2 Embung Bembem di Provinsi DI Yogyakarta

Klasifikasi Embung yang dibangun menurut Soedibyو, 1993 digolongkan menjadi 4:

1. Embung berdasar tujuan pembangunannya dibagi menjadi 2 yaitu
 - a. Embung dengan tujuan tunggal adalah embung yang dibangun hanya untuk memenuhi satu kebutuhan, misalnya untuk irigasi (pengairan) tanpa ada kebutuhan yang lain.
 - b. Embung serba guna adalah embung yang dibangun untuk memenuhi beberapa kebutuhan sebagai pengendali banjir dan air minum.
2. Embung berdasarkan penggunaannya dibagi menjadi tiga.
 - a. Embung penampung air adalah embung berfungsi untuk menyimpan air saat musim kelebihan air. Embung ini digunakan pada masa kekurangan air.
 - b. Embung pembelok adalah embung yang berguna meninggikan muka air.
 - c. Embung penahan adalah embung yang berguna untuk memperlambat dan meminimalisir efek aliran banjir yang mendadak.

3. Embung berdasarkan jalannya Air, dibagi menjadi dua,
 - a. Embung untuk dilewati air adalah embung yang memiliki bangunan pelimpah (spillway) yang dapat dilimpasi air.
 - b. Embung untuk menahan air adalah embung yang tidak dilimpasi air.
4. Embung berdasarkan material pembentuknya, dibedakan menjadi 2 yaitu :
 - a. Embung urugan adalah embung yang dibangun dari hasil penggalian bahan (material).
 - b. Embung beton adalah embung yang dibuat dari konstruksi beton baik dengan tulangan maupun tidak (Gambar 6.3).



Gambar 6.3. Embung beton

Sumur Resapan

Sumur resapan adalah struktur yang mengumpulkan air hujan atau air permukaan dan memungkinkan air hujan meresap ke dalam tanah untuk mengisi sumber air tanah. Tujuan utama sumur resapan adalah untuk mengontrol air permukaan dan mencegah erosi tanah. Sumur resapan biasanya terdiri dari lubang berongga

yang digali di dalam tanah dan diisi dengan bahan berpori seperti kerikil atau batu. Air hujan yang jatuh ke permukaan kemudian dapat meresap melalui bahan berpori ini dan mencapai lapisan air tanah di bawahnya. Hal ini memperlambat aliran air permukaan dan memungkinkan penyaringan alami air sebelum mencapai lapisan air tanah.



Gambar 6.4. Sumur resapan

Manfaat sumur resapan adalah untuk menyerap air permukaan tanah sehingga dapat meningkatkan volume air tanah dan juga berfungsi mengurangi banjir. Sumur resapan berbeda dengan sumur yang digunakan untuk kebutuhan rumah tangga. Sumur resapan berguna untuk memasukkan air ke dalam tanah, sedangkan sumur air rumah tangga adalah lubang yang digali untuk mengambil air dari dalam tanah. Karena perbedaan fungsi tersebut, maka konstruksi dan kedalamannya pun berbeda. Pada sumur resapan konsep dasar yang diterapkan adalah memberikan jalan air hujan masuk ke dalam tanah dengan mudah. Hal ini sering kali terjadi pada lahan yang sulit ditembus air (kedap air). Agar lebih efektif sumur dibuat dekat dengan saluran air hujan dari atap rumah. Setelah air masuk ke dalam sumur, air akan meresap ke dalam tanah. Konstruksi sumur dibuat agar air masuk dengan mudah. Karena berbentuk tampungan air, waktu yang dimiliki untuk masuk pun lebih lama. Jika kedalaman sumur yang dibangun semakin dalam, maka peresapan air ke dalam tanah pun akan semakin baik.

Pemanenan Air Hujan (*Rain Water Harvesting*)

Selama berabad-abad, memanen air hujan telah digunakan sebagai alternatif sumber air di berbagai negara yang sering mengalami kekurangan air. (Chao-Hsien Liaw & Yao-Lung Tsai, 2004). Jika kualitas air yang dipanen memenuhi standar kesehatan, air hujan yang dipanen dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti menyiram tanaman, mencuci, mandi, dan bahkan untuk memasak.

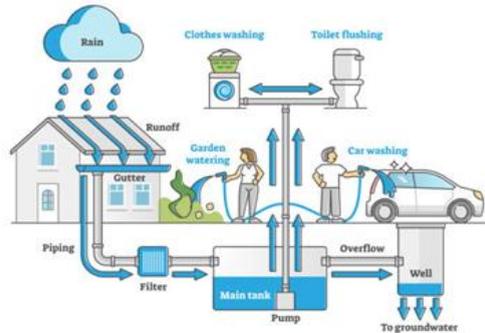
Sistem pemanenan air hujan (Rainwater harvesting systems-RWHS) menjadi salah satu strategi adaptasi terhadap perubahan iklim di sektor pengelolaan air sekaligus dapat merespon permintaan atas air yang semakin meningkat. Tujuan RWHS mencakup penangkapan air hujan (pra-bersih), mengumpulkan, dan kemudian menggunakan air untuk berbagai keperluan di bangunan atau gedung. Komponen RWHS umumnya terdiri atas proses penangkapan air hujan, proses pengaliran menuju wadah air hujan dan penampungan dalam wadah air hujan (Gambar 6.5)

Pada sistem pemanenan air hujan, tiga komponen dasar yang harus ada, yaitu:

1. ***catchment***, yaitu penangkap air hujan (permukaan atap);
2. ***delivery system***, yaitu sistem penyaluran air hujan dari atap melalui talang ke tempat penampungan
3. ***storage reservoir***, yaitu tempat penyimpanan air hujan berupa bak atau kolam.

Selain ketiga komponen tersebut di atas, komponen pendukung lainnya berupa pompa air untuk memompa air dari bak atau kolam penampung. (Worm, Janette & van Hattum, Tim 2006; Chao-Hsien Liaw & Yao-Lung Tsai 2004).

RAINWATER HARVESTING



Gambar 6.5. Sistem rainwater haversting

Empat alasan pentingnya memanen air hujan untuk konservasi air, yaitu:

1. Meningkatnya permintaan air menyebabkan pengambilan air bawah tanah meningkat. Hal ini mengakibatkan penurunan cadangan air bawah tanah.
2. Sumber air seperti danau, sungai, dan air bawah tanah memiliki tingkat keberadaan air yang berbeda-beda. Saat kualitas air permukaan di danau atau sungai, menjadi rendah selama musim hujan, seperti yang sering terjadi di Bangladesh, mengumpulkan dan menyimpan air hujan dapat menjadi solusi.
3. Sumber air alternatif biasanya jauh dari rumah atau komunitas pemakai. Mengumpulkan dan menyimpan air di dekat rumah akan meningkatkan akses ke sumber air, berdampak positif pada kesehatan, dan membuat pemakai merasa lebih memiliki sumber air alternatif ini.
4. Pencemaran air oleh industri mupun limbah kegiatan manusia, sedangkan kualitas air hujan secara umum relatif baik.

Di daerah dengan sumber air permukaan atau air bawah tanah yang terbatas, memanen air hujan telah lama digunakan di Taiwan (Chao-Hsien Liaw & Yao-Lung Tsai 2004). Hasil observasi penulis menunjukkan bahwa, meskipun teknik memanen air hujan sederhana, murah, dan tidak membutuhkan keahlian atau pengetahuan khusus, masih sedikit yang dilakukan di Indonesia. Kurangnya pengetahuan dan informasi, sebagian besar masyarakat belum menyadari pentingnya memanen air hujan sebagai salah satu cara menghemat air. Banyaknya air melimpah di Indonesia, masyarakat mungkin percaya bahwa mereka tidak akan mengalami kekurangan air. Pasti perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui lebih banyak tentang hal itu. Karena fakta-fakta ini, dapat disimpulkan bahwa untuk memanen air hujan secara luas diperlukan peran pemerintah. Pemerintah harus melakukan komunikasi, informasi, dan edukasi publik agar orang tertarik, memahami, menyadari, dan bersedia melakukannya di rumah mereka sendiri. Memanen air hujan secara luas dapat menghindari masalah kekurangan air pada aras rumah tangga. Contoh desain sistem memanen air hujan sederhana yang dapat digunakan oleh masyarakat (Gambar 6.6)



Gambar 6.6 RainWater Haversting di sekolah dan rumah tangga

Daftar Pustaka

- Chao-Hsien Liaw & Yao-Lung Tsai (2004), Optimum Storage Volume of Rooftop Rain Water Harvesting Systems for Domestic Use, Journal of the American Water Resources Association, America, Wiley published.
- Soedibyo. 1993. Teknik Bendungan, Pradnya Paramita, Jakarta
- Worm, Janette dan Hattum, Tim Van. (2006), Rainwater Harvesting for Domestic Use, Agromisa Foundation and CTA: Wageningen, The Netherlands

Profil Penulis



Dr. Any Nurhasanah, ST., MT.

Penulis di lahirkan di Tanjungkarang. pada tanggal 23 April 2023. Ketertarikan penulis terhadap bidang keairang dimulai pada tahun 2003 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk masuk ke S1 Jurusan Teknik Sipil dan berhasil menyelesaikan studi S1 di prodi Teknik Sipil pada tahun 1996. Tahun 2002, penulis menyelesaikan studi S2 di Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan S3 di jurusan da kampus yang sama. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi S1 dan S2 Teknik Sipil di Universitas Bandar Lampung.

Email Penulis : any_nurhasanah@ubl.ac.id

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

Asal Usul Banjir

Banjir merupakan bencana alam yang telah mempengaruhi kehidupan manusia sejak dahulu kala. Sepanjang sejarah, alam tidak menunjukkan rasa hormat terhadap penggunaan alam yang tidak bijaksana oleh manusia jalan yang benar dan telah memastikan bahwa pesan tersebut telah dipahami dengan jelas secara sporadic membanjiri properti orang dan merenggut nyawa mereka. Banjir dikaitkan dengan beberapa kejadian alam ekstrim yang terjadi pada wilayah geografis yang disebut daerah aliran sungai, disebut juga daerah aliran sungai, daerah tangkapan air atau daerah aliran sungai. Daerah aliran sungai bisa bersifat pedesaan (alami) dan perkotaan, yang pertama umumnya jauh lebih besar daripada yang terakhir. Oleh karena itu, banjir dapat terjadi di pedesaan dan perkotaan. Satu dari suatu peristiwa alam yang ekstrem hanya akan menjadi bencana jika berdampak pada manusia pemukiman dan aktivitas. Oleh karena itu, terdapat ilmu pengetahuan sosial dan alam yang kuat komponen terhadap banjir.

Penyebab banjir di pedesaan atau daerah aliran sungai adalah curah hujan yang tinggi atau gabungan curah hujan dengan pencairan salju, diikuti dengan perkembangan aliran banjir yang lambat, yang melebihi kapasitas saluran air alami. Penyebab lain banjir pedesaan adalah:

1. Kenaikan ketinggian air karena hambatan alami atau buatan manusia pada jalur banjir (jembatan, saluran pelimpah berpintu, bendungan)
2. Kegagalan bendungan secara tiba-tiba
3. Tanah longsor
2. Aliran lumpur
3. Urbanisasi yang tidak memadai (perambahan berlebihan di jalur banjir)
4. Pencairan salju yang cepat
5. Penggundulan hutan di daerah tangkapan air

Banjir di pedesaan merupakan peristiwa yang terjadi di daerah aliran sungai, sedangkan banjir di perkotaan dapat terjadi di seluruh wilayah dan wilayah berasal dari daerah setempat, dan disertai dengan masalah pencemaran air yang serius. Banjir perkotaan kejadiannya tidak terikat batas administratif setempat karena drainase air hujan dan fasilitas perlindungan adalah bagian dari sistem lingkungan yang lebih besar dari kota yang tergabung wilayah.

Sebagian besar penduduk dunia tinggal di sepanjang tepian sungai karena aliran sungai, selain menyediakan air untuk keperluan manusia, produksi industri, dan sanitasi, telah terjadi peningkatan endapan aluvium waktu geologis yang menciptakan lahan pertanian

terbaik. Permukiman perkotaan menyelenggarakan perlindungan terhadap banjir dengan membangun tanggul dan pekerjaan pelatihan sungai, sedangkan sebagian besar wilayah di belakang garis perlindungan tetap tidak berubah. Aliran sungai membawa material yang terkikis dari bagian atas DAS ke bagian bawah segmen aliran sungai. Perubahan pola transpor sedimen di sungai menyebabkan pengendapan sedimen dan peninggian dasar sungai alami secara bertahap. Tanah yang bersebelahan dengan ketinggian sungai menjadi lebih tinggi daripada daratan yang lebih jauh karena pengendapan yang terus menerus bahan yang terkikis. Sedemikian rupa, tingkat air alami menjadi tinggi dan banjir tepian sungai menjadi mungkin.

Berbagai Aspek Banjir

Banjir mempunyai beberapa aspek, seperti iklim, sosial, ekonomi, kelembagaan, dan teknis, yang ditangani secara berbeda untuk kondisi pedesaan dan perkotaan. Iklim banjir berkaitan dengan kondisi iklim yang dapat menyebabkan terjadinya banjir. Dalam kondisi perkotaan, hujan singkat dan intensif terbukti sama saja penting sebagai hujan yang berlangsung lama, tetapi dalam kondisi pedesaan hujan yang berlangsung lama di wilayah yang luas, disertai dengan mencairnya salju di daerah aliran sungai, dianggap mungkin lebih berpengaruh.

Sosial banjir berkaitan dengan cara banjir terjadi di berbagai lingkungan. Di perkotaan kondisi, seseorang dapat menegosiasikan intensitas dan frekuensi gangguan terhadap kehidupan masyarakat dan lalu lintas, padahal dalam kondisi regional istilah umum adalah bencana, padahal banyak sekali situasi di mana banjir perkotaan

lokal menimbulkan dampak buruk (korban dan harta benda kerugian) juga. Namun, banjir tidak selalu harus dikaitkan dengan hal tersebut konsekuensi bencana.

Ekonomi banjir berkaitan dengan masalah pembiayaan peningkatan modal, pengoperasian, dan pemeliharaan skema perlindungan banjir. Drainase air hujan lokal dan banjir perlindungan biasanya dibiayai oleh pendapatan daerah, seperti pajak daerah, biaya layanan, atau pengguna retribusi, dipungut berdasarkan penggunaan lahan, sedangkan perlindungan daerah sebagian besar dilakukan keluar melalui perpajakan umum.

Kelembagaan banjir berhubungan dengan peran pemerintah dalam proses tersebut pengambilan keputusan. Dalam kondisi lokal, semua keputusan besar dibuat oleh pemerintah daerah lembaga dan perusahaan yang berhubungan dengan air, sedangkan dalam masalah regional pemerintah federal dan kementerian mengambil alih tanggung jawab penuh. Meningkatkan partisipasi lembaga non-pemerintah organisasi juga menjadi nyata. Teknis banjir berkaitan dengan konsep dan cara kerja yang biasa diterapkan pada banjir perlindungan. Dalam kondisi perkotaan, konsep “drainase ganda” paling umum diterapkan, memperkenalkan perbedaan antara layanan drainase air hujan dan perlindungan banjir perkotaan, sedangkan dalam kondisi luas, upaya pengendalian banjir selalu dianggap sebagai bagian dari upaya pengendalian banjir skema pengendalian banjir regional atau negara bagian.

Perspektif Pengelolaan Banjir

Banjir tidak dapat dicegah tetapi merencanakan tindakan darurat melalui pengelolaan banjir seringkali dapat mengurangi dampak buruknya. Permulaan pengelolaan banjir biasanya dimulai setelah peristiwa banjir besar. Rakyat selalu memiliki beberapa prioritas

lain sampai bencana besar terjadi. Sepanjang sejarah, kemajuan dalam disiplin ilmu yang berhubungan dengan air sering kali muncul sebagai reaksi terhadap situasi darurat yang parah: air sistem pasokan diperluas setelah kekeringan besar, sistem saluran pembuangan ditingkatkan setelahnya wabah epidemi besar, skema pengendalian polusi diperkenalkan setelah tumpahan besar polutan yang menghancurkan kehidupan di aliran air, dan sistem drainase air hujan yang dibangun setelahnya banjir besar.

Pengelolaan banjir merupakan spektrum luas kegiatan sumber daya air yang bertujuan untuk menguranginya potensi dampak buruk banjir terhadap manusia, lingkungan dan perekonomian di wilayah tersebut. Keterbatasan utama dari metodologi pengelolaan banjir yang ada saat ini adalah karena sebagian besar lebih menyukai metodologi tersebut dampak ekonomi dan kurang memperhatikan dampak lingkungan dan sosial banjir.

Praktik pengelolaan banjir perkotaan saat ini mencakup faktor keamanan yang tidak dapat diukur. Karena data pengukuran yang homogen secara statistik dari masa lalu umumnya kurang, salah satunya tidak dapat memprediksi frekuensi terjadinya berbagai fitur limpasan seperti arus puncak, volume, luapan, dll. Namun, ada beberapa tempat yang memiliki data curah hujan dan limpasan yang dapat diandalkan dapat diperoleh dengan mudah. Fakta bahwa arus keluar tertentu dapat dihasilkan dari banyak kombinasi kondisi hidrologi seringkali terabaikan. Dua curah hujan yang identik belum tentu terjadi limpasan yang sama, karena kemungkinan kondisi awal yang berbeda di daerah aliran sungai.

Oleh karena itu, kebijakan pengelolaan banjir pada dasarnya harus didasarkan pada pemodelan matematika dan praktik rekayasa yang baik, bukan berdasarkan analisis statistik dan probabilitik. Perlindungan total terhadap banjir tidak realistis dan tidak bijaksana. Tujuan akhir dari hilangnya banjir Pencegahannya adalah peningkatan kualitas hidup dengan mengurangi dampak banjir dan banjir tanggung jawab individu, serta dengan mengurangi kerugian swasta dan publik yang diakibatkannya

banjir. Tujuan dari pengelolaan banjir perkotaan adalah untuk memberikan jawaban atas pertanyaan tersebut tentang bagaimana menangani secara efektif kemungkinan terjadinya banjir di lingkungan perkotaan dan bagaimana cara mengatasinya dengan ketidakpastian yang terkait.

Pencegahan risiko banjir terdiri dari pengorganisasian wilayah agar dapat mengantisipasi terjadinya banjir jauh sebelum terjadinya krisis, untuk membatasi kerusakan dan meningkatkan ketahanan.

Pencegahan risiko banjir bertujuan untuk:

1. Membatasi urbanisasi di zona banjir,
2. Mengelola penggunaan lahan untuk menghindari peningkatan aliran dan melestarikan area sempadan sungai/zona ekspansi,
3. Mengurangi kerentanan isu-isu yang berisiko.

Oleh karena itu diperlukan pengetahuan yang baik tentang zona banjir dan upaya untuk mengatasi dan terus meningkatkan pengetahuan dan pemahaman tentang bahaya banjir Metode pencegahan risiko banjir juga melibatkan pengajuan pertanyaan tentang pengembangan wilayah jangka panjang, sehingga dapat diintegrasikan dalam prosedur tindakan yang akan

dilakukan. Pertumbuhan penduduk, pembangunan ekonomi wilayah dan kemungkinan dampak perubahan iklim adalah hal yang akan mempengaruhi prosedur pencegahan.

Penerapan di bidang pengelolaan banjir terpadu tidak selalu sejalan dengan strategi yang ditetapkan “di atas kertas”. Untuk mencapai hal ini, perlu memperkuat budaya risiko kepada seluruh pemangku kepentingan, tidak hanya masyarakat dan lembaga-lembaga swasta tetapi juga masyarakat sipil terutama di negara-negara berkembang.

Budaya tersebut antara lain :

1. Mengurangi perasaan cemas secara keseluruhan saat naiknya permukaan sungai akibat banjir;
2. Menyesuaikan perilaku populasi yaitu pemahaman wawasan mengenai dampak negatif akibat banjir;
3. Memastikan efisiensi yang baik dari sistem manajemen risiko (preventif tindakan, kesiapsiagaan, pemantauan, peringatan dan manajemen krisis).

Budaya risiko melalui berbagai tingkat penggunaan informasi oleh populasi: (CEPRI)

1. Pengetahuan tentang risiko

Informasi risiko yang ditafsirkan dengan benar mengembangkan pengetahuan tentang risiko pada individu. Namun pemahaman dampak risikonya tidak melibatkan emotional secara langsung

2. Kesadaran akan risiko

Hal ini ditandai dengan kesadaran pribadi perihal dampak risiko. Mewaspadaai risiko banjir berarti memperhitungkan risiko tersebut. Pertimbangan sebagai suatu peristiwa yang mungkin berdampak pada pribadi atau lingkup kolektif (bahkan lebih

banyak terjadi pada individu yang mengalami banjir). Namun, kesadaran akan apa saja risikonya bagi diri sendiri atau suatu kelompok belum tentu mengarah pada kesesuaian perilaku untuk melindungi diri terhadap risiko tersebut.

3. Penerimaan risiko

Hal ini mengarahkan orang untuk mencari lebih banyak informasi, termasuk informasi yang ditargetkan di sisi operasional, seperti, misalnya, sarana yang harus diinformasikan jika ada peringatan. Hal ini perlu untuk memulai perubahan perilaku nyata pada individu.

4. Menyesuaikan perilaku terhadap risiko

Perilaku ini terbagi menjadi tiga yang berbeda yaitu :

- a. Fase: mengantisipasi kejadian (mengurangi kerentanan), pada saat
- b. Krisis (respon yang tepat untuk memitigasi dampak banjir), dan
- c. Pasca krisis (fasilitasi kembali normal).

Banjir dan Peluang Pengembangan Sumber Daya Air dalam SDG's

Konsep keberlanjutan yang berkaitan dengan air sumber daya sangat penting bagi kesehatan dan kesejahteraan masyarakat. Pengelolaan air yang berkelanjutan tidak hanya merangkum memastikan kecukupan air (kuantitas dan kualitas) bagi manusia dan ekosistem, namun berfokus pada risiko banjir yang berketahanan dan pengelolaan yang tepat. Pengelolaan sumber daya air berkelanjutan yang terkait dengan banjir semakin meluas dibahas dalam studi literatur. Manajemen risiko banjir

beberapa SDGs terkait pengelolaan air, infrastruktur berkelanjutan, perubahan iklim, kota berkelanjutan dan pemanfaatan ekosistem darat secara berkelanjutan. Dampak perubahan iklim, urbanisasi, dan perubahan penggunaan lahan lainnya merupakan kekhawatiran utama bagi mereka yang terlibat dalam bidang prediksi banjir dan bertugas melindungi masyarakat dari dampak buruk banjir dalam segi ekonomi, sosial, dan lingkungan. Praktisi dan peneliti harus bekerja untuk mengembangkan solusi inovatif meningkatkan ketahanan lingkungan menjadi lebih baik dengan beradaptasi dalam mengatasi peningkatan risiko banjir saat ini.

Kemampuan prediksi banjir terhambat oleh pemahaman tidak lengkap tentang peristiwa banjir yang memiliki banyak penyebab atau faktor pendorong dan ketidakpastian terkait karakteristik daerah aliran sungai dan variabilitas kondisi iklim

Pengelolaan berkelanjutan dari risiko banjir bergantung pada perkembangan pengetahuan tentang risiko dan kemungkinan kejadian banjir untuk melakukan pendekatan manajemen risiko banjir yang berhasil dan mendukung pengembangan y

kebijakan dan pengambilan keputusan yang tepat dan efektif. Misalnya, menyoroti kemajuan pengetahuan tentang fungsi air tanah di lingkungan perkotaan untuk

banjir perkotaan, kegagalan lereng dan aliran debit banjir yang menyebabkan kerusakan di bagian hilir dan perubahan frekuensi banjir akibat kejadian ekstrim kejadian banjir. Pemerintah melalui regulasi dapat mengatasi peningkatan risiko banjir. Pendekatan melalui manajemen infrastruktur terhadap risiko banjir beragam sifatnya. Hal ini diakibatkan kompleksnya mekanisme

penanganan banjir. Solusi berbasis alam untuk menyeimbangkan tujuan ekologi dan hidrologi.

Langkah-langkah tersebut seperti sistem drainase perkotaan berkelanjutan, infrastruktur biru-hijau, dan pengelolaan banjir secara natural. Kolaborasi di antara beragam pemangku kepentingan dan organisasi dapat mencegah ketidakpastian penanganan risiko banjir secara natural. Selain solusi berbasis alam, pengelolaan risiko banjir juga meliputi pengembangan pendekatan atau metode baru untuk meningkatkan pemahaman tentang proses banjir dan pengoptimalisasian infrastruktur dalam manajemen risiko banjir.

Dimensi sosial dalam pengelolaan risiko banjir memerlukan pertimbangan untuk memastikan keberlanjutan manajemen risiko banjir dan menyediakan kesempatan yang sama bagi keterlibatan masyarakat dan pemangku kepentingan sepanjang proses berlangsung. Manajemen risiko banjir yang berkelanjutan bergantung pada keterlibatan ekstensif dari masyarakat dan seluruh pemangku kepentingan untuk melakukan integrasi dari beragamnya persepsi risiko banjir dalam pengambilan keputusan bersama. Penggabungan metode nonstruktural, seperti program pendidikan, berguna untuk meningkatkan kesiapsiagaan banjir dan mengurangi kerentanan masyarakat terhadap banjir.

Perspektif sosial dan ekonomi yang penting mengenai banjir dieksplorasi dalam suatu kajian dampak risiko banjir dan kesadaran masyarakat lokal terhadap kerugian banjir pada suatu pemukiman berupa kehilangan properti dan perkiraan harga kerugian materiil. Peran manajemen risiko banjir sangatlah penting dalam mendukung komponen pengelolaan air berkelanjutan. Masyarakat dilibatkan dalam perencanaan risiko banjir, kesadaran dan ketahanan

menghadapi banjir, serta upaya adaptasi perubahan iklim dan kejadian banjir ekstrem. Ada peluang penting dan unik memadukan aspek sosial, ekonomi, ekologi, dan hidrologi aspek manajemen risiko banjir untuk menghasilkan solusi berkelanjutan yang memberikan ketahanan lebih besar dan mengurangi kerentanan terhadap banjir, saat ini dan di masa depan.

Daftar Pustaka

- Allocca, V., Coda, S., Calcaterra, D., & De Vita, P. (2022). Groundwater rebound and flooding in the Naples' periurban area (Italy). *Journal of Flood Risk Management*, 15(2), e12775.
- Almoradie, A., de Brito, M. M., Evers, M., Bossa, A., Lumor, M., Norman, C., Yacouba, Y., & Hounkpe, J. (2020). Current flood risk management practices in Ghana: Gaps and opportunities for improving resilience. *Journal of Flood Risk Management*, 13(4), e12664.
- Arrighi, C., Carraresi, A., & Castelli, F. (2022). Resilience of art cities to flood risk: A quantitative model based on depth-idleness correlation. *Journal of Flood Risk Management*, 15(2), e12794.
- Auster, R. E., Barr, S. W., & Brazier, R. E. (2022). Beavers and flood alleviation: Human perspectives from downstream communities. *Journal of Flood Risk Management*, 15(2), e12789.
- Desa, U. N. (2016). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development.
- Hellmers, S., Manojlovic, N., Palmaricciotti, G., Kurzbach, S., & Fröhle, P. (2018). Multiple linked sustainable drainage systems in hydrological modelling for urban drainage and flood risk management. *Journal of Flood Risk Management*, 11, S5–S16.
- Johnson, D., Wang, J., Geldner, N. B., & Zehr, A. B. (2022). Rapid, risk-based levee design framework for greater risk reduction at lower cost than standards-based design. *Journal of Flood Risk Management*, 15(2), e12786.
- Kong, X., Yang, J., Qiu, J., Zhang, Q., Chen, X., Wang, M., & Jiang, S. (2022). Post-event flood mapping for road networks using taxi GPS data. *Journal of Flood Risk Management*, 15(2), e12799.

Lapointe, M., Rochman, C. M., & Tufenkji, N. (2022).
Sustainable strategies to treat urban runoff needed.
Nature Sustainability, 1–4.
<https://doi.org/10.1038/s41893-022-00853-4>

Profil Penulis



Dr (Can) Aptu Andy Kurniawan, S.T., M.I.L

Penulis lahir di Malang, 28 April 1978. 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 Bappenas.. Tahun 2021 menyelesaikan kursus Sustainable Integrated Water Resources and Stormwater Management yang diselenggarakan Pemerintah Singapura bekerja sama dengan UNICEF melalui Singapore Water Academy. Pada tahun 2009 menjadi PNS di Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Banten di bidang Perencanaan. Dan pada tahun 2016-sekarang bekerja di Bidang Pengembangan Sumber Daya Air Dinas PU Sumber Daya Air Kabupaten Malang. Pada saat menyelesaikan penulisan buku ini penulis sedang menempuh Program Doktor Ilmu Lingkungan di Universitas Padjadjaran Bandung.

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

KEKERINGAN

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

Institut Kesehatan dan Teknologi Graha Medika

Pengertian Kekeringan

Kekeringan adalah ketersediaan air yang jauh di bawah kebutuhan air, baik untuk kebutuhan hidup, pertanian, kegiatan ekonomi, dan lingkungan. Klasifikasi Kekeringan Kekeringan alamiah:

1. Kekeringan meteorologis, dikarenakan curah hujan yang kurang

Kekeringan meteorologis adalah salah satu jenis kekeringan yang terjadi karena tingkat curah hujan suatu daerah berada di bawah normal dalam periode waktu yang lama. Kekeringan ini merupakan bagian dari kekeringan alamiah yang dapat mempengaruhi wilayah, lahan, dan masyarakat. Beberapa ciri-ciri kekeringan meteorologis antara lain:

- a. Menurunnya tingkat curah hujan di bawah normal dalam satu musim.
- b. Pengukuran kekeringan meteorologis merupakan indikasi pertama adanya bencana kekeringan.
- c. Kekeringan meteorologis dapat memiliki dampak yang signifikan bagi manusia dan lingkungan.

2. Kekeringan hidrologis, kekurangan pasokan air permukaan dan air tanah

Faktor-faktor yang dapat menyebabkan kekeringan hidrologis antara lain:

- a. Rendahnya curah hujan: Kekeringan hidrologis dapat terjadi ketika tingkat curah hujan suatu daerah berada di bawah normal dalam jangka waktu yang lama.
 - b. Perubahan iklim: Perubahan iklim dapat menyebabkan rendahnya tingkat produksi uap air dan awan, yang pada gilirannya dapat mengakibatkan rendahnya curah hujan dan kekeringan hidrologis.
 - c. Kerusakan hidrologis: Kerusakan fungsi wilayah hulu sungai, waduk, dan saluran irigasi dapat mengurangi kapasitas dan daya tampung air, yang dapat memicu terjadinya kekeringan saat musim kemarau.
 - d. Global Warming: Pemanasan global dapat berkontribusi terhadap terjadinya kekeringan hidrologis dengan meningkatkan suhu udara dan mengurangi ketersediaan air.
3. Kekeringan pertanian, kekurangan kandungan air di dalam tanah sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan tanaman tertentu pada periode waktu tertentu pada wilayah yang luas. Dampak dari kekeringan pertanian meliputi:
- a. Penurunan hasil pertanian: Kekeringan dapat mengurangi hasil tanaman karena kurangnya air yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Ini dapat mengakibatkan kerugian ekonomi yang signifikan bagi petani.

- b. Kerusakan lingkungan: Kekeringan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, termasuk penurunan kualitas tanah dan degradasi lahan. Hal ini dapat mengakibatkan erosi tanah, hilangnya keanekaragaman hayati, dan berbagai masalah ekologi lainnya.
- c. Kelaparan dan ketidakamanan pangan: Kekeringan dapat mengganggu pasokan pangan dan mengakibatkan kelaparan pada populasi yang bergantung pada pertanian sebagai sumber utama makanan.
- d. Masalah kesehatan: Kekeringan juga dapat menyebabkan masalah kesehatan, seperti kekurangan air bersih, peningkatan risiko penyakit terkait air, dan peningkatan ketidakstabilan sosial.

4. Kekeringan sosial ekonomi

Dampak kekeringan sosial-ekonomi meliputi:

- a. Kehidupan Sehari-hari Masyarakat: Kekeringan dapat mengakibatkan kekurangan air bersih untuk konsumsi dan kebutuhan sehari-hari, seperti mandi, mencuci, dan minum. Ini dapat menyebabkan kesulitan dan ketidaknyamanan bagi masyarakat yang terkena dampaknya.
- b. Kesejahteraan Ekonomi: Sektor ekonomi yang luas, termasuk industri, perusahaan, dan sektor jasa, dapat terpengaruh oleh kekeringan. Pengurangan pasokan air dapat mengganggu produksi dan menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan.

- c. Migrasi Geografis: Kekeringan dapat memaksa masyarakat untuk berpindah atau bermigrasi dari daerah yang terkena dampaknya ke daerah lain yang lebih subur. Ini dapat menyebabkan perubahan demografi dan tekanan tambahan pada daerah penerima.
 - d. Peningkatan Ketidakstabilan Sosial: Kekeringan yang berkepanjangan dapat menyebabkan ketidakstabilan sosial, ketegangan, dan konflik, terutama ketika sumber daya air yang tersedia menjadi semakin langka.
5. Kekeringan antropogenik, disebabkan karena ketidakpatuhan pada aturan

Kekeringan ini terjadi karena kebutuhan air yang lebih besar dari ketersediaan air yang ada. Beberapa contoh penyebab kekeringan antropogenik antara lain:

- a. Penggunaan air yang berlebihan: Manusia seringkali menggunakan air secara berlebihan untuk kegiatan sehari-hari, seperti mandi, mencuci, dan menyiram tanaman, sehingga menyebabkan kekurangan pasokan air.
- b. Kerusakan kawasan tangkapan air: Kerusakan hutan, lahan gambut, dan kawasan resapan air dapat mengurangi kapasitas dan daya tampung air, sehingga memicu terjadinya kekeringan saat musim kemarau.
- c. Perubahan iklim: Perubahan iklim dapat mempengaruhi pola curah hujan dan menyebabkan kekeringan antropogenik.

6. Kebutuhan air lebih besar dari pasokan yang direncanakan
 - a. Pertumbuhan populasi : Dalam 50 tahun terakhir, populasi manusia telah lebih dari dua kali lipat, sementara sumber daya air yang tersedia tetap terbatas. Hal ini menyebabkan peningkatan permintaan air untuk kebutuhan makanan, sanitasi, dan industri.
 - b. Penggunaan air yang tidak efisien : Sekitar 60% air yang digunakan dalam pertanian terbuang karena sistem irigasi yang bocor dan metode aplikasi yang tidak efisien. Selain itu, beberapa tanaman yang membutuhkan banyak air ditanam di daerah yang tidak cocok untuk pertumbuhannya, menyebabkan pemborosan air.
 - c. Perubahan iklim : Perubahan iklim dapat mempengaruhi pola curah hujan dan menyebabkan kekeringan yang lebih sering dan parah. Hal ini dapat mengurangi pasokan air yang tersedia untuk kebutuhan manusia dan pertanian.
 - d. Pencemaran air : Pencemaran air oleh limbah industri dan domestik dapat mengurangi kualitas air yang tersedia, membuatnya tidak aman untuk digunakan. Dalam beberapa kasus, pasokan air yang tercemar harus diolah lebih lanjut sebelum dapat digunakan, yang membutuhkan biaya dan sumber daya tambahan.
7. Kerusakan kawasan tangkapan air, sumber air, akibat perbuatan manusia

Berikut adalah beberapa dampak dari kerusakan kawasan tangkapan air dan sumber air akibat perbuatan manusia:

- a. Kekeringan : Kerusakan kawasan tangkapan air dan sumber air dapat menyebabkan kekurangan pasokan air yang signifikan, terutama saat musim kemarau. Hal ini dapat berdampak pada sektor pertanian, ekonomi, dan sosial
- b. Erosi : Kerusakan hutan dan lahan gambut dapat mengurangi kemampuan tanah untuk menyerap air, sehingga meningkatkan risiko terjadinya erosi dan banjir.
- c. Pencemaran : Pencemaran air oleh limbah industri dan domestik dapat mengurangi kualitas air yang tersedia, membuatnya tidak aman untuk digunakan. Dalam beberapa kasus, pasokan air yang tercemar harus diolah lebih lanjut sebelum dapat digunakan, yang membutuhkan biaya dan sumber daya tambahan.
- d. Kehilangan keanekaragaman hayati : Kerusakan kawasan tangkapan air dan sumber air dapat mengurangi keanekaragaman hayati di wilayah tersebut, karena banyak spesies yang bergantung pada air untuk kelangsungan hidupnya.

Dampak Kekeringan

1. Banjir bandang, pepohonan mati, tanah menjadi gundul, yang pada musim hujan akan menjadi mudah tererosi dan banjir.

Berikut adalah beberapa dampak dan implikasi dari kondisi tersebut :

- a. Banjir Bandang: Banjir bandang adalah peristiwa cuaca ekstrem yang dapat terjadi setelah hujan deras atau pencairan salju yang cepat. Kondisi tanah yang gundul dan kehilangan vegetasi meningkatkan risiko banjir bandang. Tanaman dan akar pohon biasanya berfungsi untuk

menyerap air dan mencegah aliran air yang cepat. Tanpa vegetasi, aliran air dapat dengan mudah membanjiri daerah tersebut, menyebabkan kerusakan yang lebih besar.

- b. Erosi Tanah: Tanah yang gundul menjadi lebih rentan terhadap erosi. Erosi tanah adalah proses di mana lapisan tanah atas terkikis atau terbawa oleh air hujan atau aliran air, meninggalkan tanah yang kurang subur dan mudah tererosi. Ini dapat mengurangi kesuburan tanah dan berdampak negatif pada pertanian.
 - c. Kehilangan Keanekaragaman Hayati: Penggundulan hutan dan hilangnya vegetasi alami dapat menyebabkan kehilangan keanekaragaman hayati. Tanaman dan hewan yang menghuni hutan tersebut akan kehilangan habitat mereka, dan beberapa spesies mungkin bahkan menghadapi risiko punah.
 - d. Kualitas Air dan Ketersediaan Air: Kondisi seperti ini dapat mempengaruhi kualitas air di sungai dan sumber air lainnya. Tanah yang tererosi dapat mengotori air dengan tanah dan limbah, menyebabkan masalah pencemaran. Selain itu, kehilangan vegetasi hutan dapat mempengaruhi siklus air, yang dapat mempengaruhi ketersediaan air untuk manusia dan ekosistem.
 - e. Peningkatan Bencana Alam: Tanah yang tererosi dan kondisi yang memicu banjir bandang dapat mengakibatkan peningkatan bencana alam dan risiko bagi penduduk setempat.
2. Urbanisasi, akibat hilangnya bahan pangan karena tanaman pangan dan ternak mati, petani kehilangan mata pencaharian.

Urbanisasi yang disertai dengan kehilangan bahan pangan karena tanaman pangan dan ternak mati akibat kekeringan dapat mengakibatkan berbagai dampak negatif pada ketersediaan pangan dan mata pencaharian petani. Dampak-dampak tersebut dapat termasuk:

- a. Kekurangan Pangan: Jika kekeringan mengakibatkan tanaman pangan dan ternak mati, ini dapat menyebabkan kekurangan pangan bagi penduduk perkotaan yang semakin besar akibat urbanisasi. Pasokan pangan yang berkurang dapat menyebabkan peningkatan harga pangan, yang pada gilirannya dapat memengaruhi akses masyarakat perkotaan terhadap makanan.
- b. Kerentanan Pangan: Petani yang kehilangan mata pencaharian akibat kekeringan mungkin akan menjadi rentan secara ekonomi dan sosial. Mereka mungkin terpaksa mencari pekerjaan sementara di sektor lain atau tergantung pada bantuan pemerintah untuk memenuhi kebutuhan pangan mereka sendiri.
- c. Perpindahan Penduduk: Kekeringan yang berkepanjangan dan kehilangan mata pencaharian dapat mendorong perpindahan penduduk, baik dari pedesaan ke perkotaan maupun antar wilayah perkotaan. Ini dapat meningkatkan tekanan di daerah perkotaan, termasuk persaingan untuk pekerjaan dan sumber daya.
- d. Kerugian Ekonomi: Selain kehilangan pangan, kekeringan juga dapat mengakibatkan kerugian ekonomi yang signifikan bagi petani dan sektor pertanian secara keseluruhan. Tanaman pangan dan ternak yang mati mengurangi pendapatan petani dan mempengaruhi produktivitas pertanian.

- e. Perlindungan Lingkungan: Kekeringan dan hilangnya vegetasi dapat mengancam keberlanjutan lingkungan, termasuk kerusakan lahan, erosi tanah, dan penurunan keanekaragaman hayati.
3. Kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan menjadi rentan penyakit

Kekeringan dapat berdampak serius pada kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan, dan membuat mereka lebih rentan terhadap berbagai penyakit dan masalah kesehatan. Beberapa dampak kesehatan yang dapat terjadi akibat kekeringan termasuk:

- a. Kekurangan Air Bersih: Kekeringan dapat mengurangi ketersediaan air bersih, yang dapat mengakibatkan kelaparan dan kehausan manusia dan hewan. Kekurangan air bersih dapat memengaruhi kesehatan manusia dengan menyebabkan dehidrasi, infeksi saluran kemih, dan penyakit terkait air lainnya.
- b. Penyebaran Penyakit: Kondisi kekeringan dan kekurangan air dapat menciptakan lingkungan yang lebih rentan terhadap penyebaran penyakit, terutama yang terkait dengan air. Contohnya, penyakit diare dan kolera dapat lebih sering muncul dalam situasi kekeringan akibat air yang terkontaminasi.
- c. Kerusakan Tanaman dan Kehilangan Gizi: Kekeringan dapat merusak tanaman pangan, mengurangi ketersediaan makanan, dan mengakibatkan kekurangan gizi pada manusia dan hewan. Ini dapat meningkatkan risiko penyakit dan menurunkan kekebalan tubuh.

- d. Peningkatan Risiko Penyakit Vektor: Situasi kekeringan dapat menciptakan kondisi lingkungan yang lebih cocok bagi vektor penyakit, seperti nyamuk yang membawa penyakit seperti demam berdarah dan malaria. Hal ini dapat meningkatkan risiko penularan penyakit tersebut.

Gejala Terjadinya Kekeringan

1. Menurunnya tingkat curah hujan di bawah normal dalam satu musim

Penurunan tingkat curah hujan di bawah normal dalam satu musim adalah salah satu indikator utama terjadinya kekeringan. Kekeringan biasanya terjadi ketika ada defisit air dalam lingkungan, yang dapat mempengaruhi banyak aspek, termasuk pertanian, lingkungan alam, kesehatan manusia, dan banyak lagi. Dampak kekeringan dapat bervariasi tergantung pada tingkat keparahan dan durasinya.

2. Pengukuran kekeringan Meteorologis merupakan indikasi pertama adanya bencana kekeringan

Beberapa faktor yang digunakan dalam pengukuran kekeringan meteorologis meliputi:

- a. Curah Hujan Rendah: Kekeringan seringkali diindikasikan oleh curah hujan yang rendah selama periode tertentu. Ini dapat diukur dengan memantau curah hujan harian, bulanan, atau tahunan yang lebih rendah dari rata-rata historis.
- b. Indeks Kekeringan: Banyak negara dan lembaga memiliki indeks kekeringan yang digunakan untuk memantau dan mengukur tingkat kekeringan. Indeks ini dapat melibatkan parameter seperti curah hujan, suhu, dan kelembaban tanah.

- c. Musim Tanam Gagal: Kekeringan yang berkepanjangan atau parah dapat mengakibatkan kegagalan musim tanam. Petani mungkin tidak dapat menanam atau menghasilkan hasil yang memadai karena kurangnya air.
 - d. Kehilangan Air di Sumber Daya Air: Penurunan air di danau, sungai, dan reservoir adalah tanda tambahan kekeringan. Ini bisa mengakibatkan masalah persediaan air untuk kebutuhan manusia, pertanian, dan industri.
 - e. Perubahan Pola Iklim: Perubahan iklim yang mempengaruhi pola hujan dan suhu dapat menjadi faktor dalam terjadinya kekeringan. Peningkatan suhu dan perubahan curah hujan adalah indikator utama perubahan iklim yang dapat memengaruhi kekeringan.
3. Kemudian terjadi kekurangan pasokan air permukaan dan air tanah

Dampak dari kekurangan pasokan air permukaan dan air tanah dapat mencakup:

- a. Penurunan Tingkat Air Permukaan : Curah hujan yang rendah dan panjangnya periode kekeringan dapat menyebabkan penurunan tingkat air di sungai, danau, dan reservoir. Hal ini dapat mengurangi ketersediaan air untuk keperluan irigasi, pasokan air minum, dan industri.
- b. Penurunan Airtanah: Kekeringan yang berkepanjangan dapat menyebabkan penurunan tingkat air tanah karena kurangnya curah hujan yang memadai untuk mengisi kembali akuifer. Ini dapat memengaruhi sumur air dan sistem air bawah tanah.

- c. Pertumbuhan Vegetasi yang Terhambat: Kekeringan dapat menghambat pertumbuhan vegetasi, termasuk rumput dan pohon-pohon yang biasanya dapat menyerap air dari tanah. Ini dapat mempengaruhi ekosistem lokal.
 - d. Masalah Pencemaran Air: Penurunan tingkat air dapat meningkatkan konsentrasi polutan dalam air yang tersisa, karena air lebih sedikit untuk melarutkannya. Hal ini dapat menyebabkan masalah pencemaran air.
 - e. Krisis Air Bersih: Kekurangan pasokan air bersih dapat mengakibatkan krisis air bersih, dengan masyarakat yang kesulitan mendapatkan air untuk konsumsi sehari-hari.
4. Kekeringan ini diukur berdasarkan elevasi muka air sungai, waduk, danau dan air tanah

Kekeringan dapat diukur berdasarkan elevasi muka air sungai, waduk, danau, dan air tanah. Kekeringan yang berkaitan dengan kekurangan pasokan air permukaan dan air tanah dapat menyebabkan kekurangan air bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya pada suatu wilayah yang biasanya tidak kekurangan air. Kekeringan pada lahan pertanian ditandai dengan kekurangan lengas tanah (kandungan air didalam tanah). Upaya pencegahan kekeringan dapat dilakukan dengan memanfaatkan sumber air yang ada secara lebih efisien dan efektif, memprioritaskan pemanfaatan sumber air yang masih tersedia sebagai air baku untuk air bersih, menanam pohon dan perdu sebanyak-banyaknya pada setiap jengkal lahan yang ada di lingkungan tinggal kita, membuat waduk (embung) disesuaikan dengan keadaan lingkungan, dan memperbanyak resapan air dengan tidak menutup semua permukaan dengan plester semen atau ubin.

5. Kekeringan pada lahan pertanian ditandai dengan kekurangan lengas tanah (kandungan air di dalam tanah)

Kekeringan pada lahan pertanian dapat ditandai dengan kekurangan lengas tanah atau kandungan air di dalam tanah. Kekurangan air pada tanah dapat menyebabkan kekurangan air bagi tanaman dan mengganggu pertumbuhan tanaman. Kekeringan pada lahan pertanian dapat menyebabkan kerugian yang signifikan pada hasil panen. Salah satu cara untuk mengatasi kekeringan pada lahan pertanian adalah dengan memperbaiki kualitas tanah dan meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan air. Selain itu, upaya konservasi air seperti pengumpulan air hujan dan penggunaan teknologi irigasi yang efisien juga dapat membantu mengatasi kekeringan pada lahan pertanian.

Mitigasi dan Upaya Pengurangan Risiko Bencana

1. Penyusunan peraturan Pemerintah tentang pengaturan sistem pengiriman data iklim dari daerah ke pusat pengolahan data.

Berikut adalah beberapa langkah yang dapat diambil dalam penyusunan peraturan :

- a. Penentuan Tujuan dan Lingkup: Definisikan dengan jelas tujuan peraturan, yaitu apa yang ingin dicapai dengan sistem pengiriman data iklim. Tentukan juga lingkungannya, seperti wilayah yang akan dicakup dan parameter iklim yang harus dimonitor.
- b. Identifikasi Sumber Data: Tentukan sumber data iklim yang akan dimonitor. Ini mungkin mencakup stasiun cuaca, satelit, sensor tanah, dan sumber data lainnya yang relevan.

- c. Pengumpulan dan Pemantauan Data: Tentukan bagaimana data iklim akan dikumpulkan, termasuk frekuensi pengambilan data dan metode yang akan digunakan. Pastikan data ini berkualitas tinggi dan relevan untuk pemantauan kekeringan.
- d. Pengiriman Data: Tetapkan cara pengiriman data dari daerah ke pusat pengolahan data. Ini dapat melibatkan jaringan komunikasi, teknologi informasi, atau sistem pelaporan secara rutin.
- e. Pengolahan dan Analisis Data: Jelaskan bagaimana data akan diolah dan dianalisis di pusat pengolahan data. Pusat ini harus memiliki kemampuan untuk memonitor kondisi iklim secara real-time dan mengidentifikasi potensi ancaman kekeringan.
- f. Sistem Peringatan Dini: Pastikan sistem ini memiliki kemampuan peringatan dini. Jika data menunjukkan risiko kekeringan, sistem harus dapat memberikan peringatan kepada pihak yang berwenang agar mereka dapat mengambil tindakan yang tepat.
- g. Pemantauan Kualitas Data: Tentukan prosedur pemantauan kualitas data untuk memastikan data yang dikumpulkan akurat dan dapat diandalkan.
- h. Kerjasama dengan Stakeholder: Melibatkan pemangku kepentingan terkait, seperti badan meteorologi, petani, dan lembaga kesehatan, dalam penyusunan peraturan. Dapat juga melibatkan sektor swasta yang memiliki minat dalam masalah iklim dan kekeringan.

- i. Kegiatan Pelatihan: Pastikan bahwa operator di tingkat daerah terlatih dengan baik dalam pengoperasian sistem dan pemahaman yang baik tentang arti data iklim.
 - j. Perencanaan Darurat dan Tanggap Krisis: Siapkan rencana darurat dan tanggap krisis yang terintegrasi, termasuk tindakan yang harus diambil jika data menunjukkan adanya kekeringan yang mengancam.
 - k. Evaluasi dan Pembaruan: Rencanakan untuk secara berkala mengevaluasi sistem ini dan memperbarui peraturan sesuai dengan perkembangan teknologi dan perubahan dalam pola iklim.
2. Penyusunan PERDA untuk menetapkan skala prioritas penggunaan air dengan memperhatikan historical right dan azas keadilan

Panduan umum tentang bagaimana penyusunan PERDA semacam itu dapat dilakukan:

- a. Konsultasi dan Partisipasi Publik: Langkah pertama adalah melibatkan masyarakat dan pemangku kepentingan terkait dalam penyusunan PERDA. Ini dapat dilakukan melalui pertemuan publik, konsultasi dengan ahli, dan pengumpulan masukan.
- b. Analisis Data Historical Right: Pertimbangkan hak sejarah (historical right) yang ada dalam penggunaan sumber daya air. Ini termasuk hak yang sudah ada dan telah digunakan oleh komunitas atau individu selama bertahun-tahun. Identifikasi hak-hak ini dan tetapkan bagaimana mereka akan diperlakukan dalam PERDA.

- c. Azas Keadilan dan Kesetaraan: Pastikan bahwa PERDA mencerminkan azas keadilan dan kesetaraan dalam penggunaan air. Ini mungkin melibatkan alokasi air yang lebih besar kepada komunitas yang membutuhkannya secara mendesak, atau pembebasan biaya untuk pengguna air yang memiliki sumber daya terbatas.
- d. Penetapan Prioritas Penggunaan Air: Tentukan skala prioritas penggunaan air berdasarkan kepentingan masyarakat dan lingkungan. Prioritaskan penggunaan air untuk kebutuhan air minum, pertanian, lingkungan alam, dan kepentingan lainnya sesuai dengan prioritas lokal.
- e. Pembentukan Otoritas Pengatur: Buat struktur otoritas pengatur yang akan mengawasi implementasi PERDA. Otoritas ini harus memiliki kemampuan untuk mengatur alokasi air, memantau kepatuhan, dan menyelesaikan sengketa.
- f. Penyusunan Pedoman dan Standar: Buat pedoman dan standar teknis yang akan digunakan untuk mengatur penggunaan air, termasuk alokasi air, pengukuran penggunaan, dan pengelolaan sumber daya air.
- g. Mekanisme Penyelesaian Sengketa: Sediakan mekanisme penyelesaian sengketa yang jelas dan efektif dalam PERDA. Ini dapat mencakup mediasi, arbitrase, atau pengadilan.
- h. Pemantauan dan Evaluasi: Tetapkan sistem pemantauan dan evaluasi untuk mengukur kepatuhan dengan PERDA dan dampaknya pada masyarakat dan lingkungan. Pastikan adanya mekanisme untuk mengubah atau memperbarui PERDA sesuai kebutuhan.

- i. Penyuluhan dan Edukasi: Memberikan penyuluhan dan edukasi kepada masyarakat tentang PERDA dan hak serta kewajiban mereka terkait penggunaan air.
 - j. Implementasi dan Penegakan: Pastikan bahwa PERDA diimplementasikan secara efektif, dan ada sistem penegakan hukum yang berfungsi untuk menindak pelanggaran.
 - k. Evaluasi Periodik: Melakukan evaluasi dan pemantauan secara berkala untuk memastikan bahwa PERDA masih relevan dan efektif dalam mencapai tujuannya.
3. Pembentukan pokja dan posko kekeringan pada tingkat pusat dan daerah

Pembentukan Pokja (Kelompok Kerja) dan Posko Kekeringan pada tingkat pusat dan daerah merupakan salah satu strategi dalam mitigasi dan upaya pengurangan bencana kekeringan. Beberapa langkah yang dapat dilakukan dalam pembentukan Pokja dan Posko Kekeringan antara lain:

- a. Penyusunan peraturan pemerintah : Penyusunan peraturan pemerintah tentang pengaturan sistem pengiriman data iklim dari daerah ke pusat pengelolaan data dapat membantu dalam pengumpulan dan analisis data yang diperlukan untuk mengatasi kekeringan.
- b. Penyusunan PERDA : Penyusunan Peraturan Daerah (PERDA) untuk menetapkan skala prioritas penggunaan air dengan memperhatikan historical right dan azas keadilan dapat membantu dalam pengelolaan air yang lebih efisien dan adil.

- c. Penyediaan anggaran khusus : Penyediaan anggaran khusus untuk pengembangan atau perbaikan jaringan pengamatan iklim pada daerah-daerah rawan kekeringan dapat membantu dalam pemantauan dan prediksi kekeringan yang lebih akurat.
 - d. Peningkatan sistem tanggap darurat : Evaluasi dan penyempurnaan sistem tanggap darurat secara berkala dapat membantu dalam penanganan kekeringan dengan lebih efektif dan efisien.
 - e. Peningkatan sistem komunikasi dan peringatan dini : Pengembangan sistem komunikasi dan peringatan dini yang lebih baik dapat membantu dalam memberikan informasi yang tepat waktu dan akurat kepada masyarakat terkait dengan kondisi kekeringan.
 - f. Pelatihan dan peningkatan pengetahuan : Memberikan pelatihan dan peningkatan pengetahuan kepada petugas terkait tentang tindakan atau langkah yang harus dilakukan dalam situasi darurat kekeringan dapat membantu dalam penanganan kekeringan dengan lebih baik
4. Penyediaan anggaran khusus untuk pengembangan/ perbaikan jaringan pengamatan iklim pada daerah-daerah rawan kekeringan

Penyediaan anggaran khusus untuk pengembangan atau perbaikan jaringan pengamatan iklim pada daerah-daerah rawan kekeringan merupakan salah satu strategi dalam mitigasi dan upaya pengurangan bencana kekeringan. Hal ini dapat membantu dalam pemantauan dan prediksi kekeringan yang lebih akurat.

Selain itu, penyediaan anggaran khusus juga dapat digunakan untuk pengembangan atau perbaikan infrastruktur air, seperti pembangunan waduk atau sumur bor, yang dapat membantu meningkatkan pasokan air di daerah-daerah rawan kekeringan.

Dalam pembentukan Pokja dan Posko Kekeringan, penyediaan anggaran khusus juga dapat digunakan untuk pelatihan dan peningkatan pengetahuan petugas terkait tentang tindakan atau langkah yang harus dilakukan dalam situasi darurat kekeringan

5. Pengembangan/perbaikan jaringan pengamatan iklim pada daerah-daerah rawan kekeringan

Pengembangan atau perbaikan jaringan pengamatan iklim pada daerah-daerah rawan kekeringan merupakan salah satu strategi dalam mitigasi dan upaya pengurangan bencana kekeringan.

6. Memberikan sistem reward dan punishment bagi masyarakat yang melakukan upaya konservasi dan rehabilitasi sumber daya air dan hutan/lahan.

Pemberian Sistem Reward:

- a. Penghargaan Moneter: Berikan insentif finansial kepada masyarakat yang berkontribusi secara positif dalam konservasi dan rehabilitasi. Ini bisa berupa insentif uang tunai, hadiah, atau subsidi yang dapat membantu masyarakat dalam upayanya.
- b. Pemberian Penghargaan Publik: Berikan pengakuan publik kepada individu, kelompok, atau komunitas yang melakukan upaya konservasi dan rehabilitasi yang luar biasa. Ini dapat mencakup penghargaan, sertifikat pengakuan, atau pemberian nama mereka dalam penghargaan lingkungan.

- c. Akses Prioritas: Berikan akses prioritas kepada masyarakat yang terlibat dalam konservasi dan rehabilitasi dalam penggunaan sumber daya alam. Misalnya, mereka dapat diberikan izin lebih mudah atau lebih murah untuk mengakses sumber daya alam tertentu.

Pemberian Sistem Punishment:

- a. Hukuman Administratif: Terapkan hukuman administratif atau sanksi bagi individu atau perusahaan yang melanggar hukum lingkungan, seperti illegal logging, pencemaran air, atau kegiatan destruktif lainnya.
- b. Hukuman Perdata: Izinkan masyarakat untuk mengajukan gugatan perdata terhadap individu atau perusahaan yang merusak lingkungan. Gugatan ini dapat berdampak pada kewajiban kompensasi atau pemulihan lingkungan.
- c. Penegakan Hukum Lingkungan yang Ketat: Pastikan hukum lingkungan yang ada ditegakkan secara ketat. Ini mencakup pengawasan dan penegakan hukum yang konsisten terhadap pelanggaran lingkungan.
- d. Pemulihan dan Rehabilitasi Lingkungan: Wajibkan pelaku pelanggaran untuk melakukan pemulihan atau rehabilitasi lingkungan yang mereka rusak. Ini dapat berarti mengembalikan hutan atau lahan ke kondisi semula.

Daftar Pustaka

- Aiguo, Dai. 2010. Drought under global warming: a review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 3:6. Pages: 617-617. <https://doi.org/10.1002/wcc.81>.
- Andi, Bahrun. 2011. Strategi Pengelolaan Air di Lahan Kering Suatu Upaya Mengantisipasi Kekeringan. Universitas Halu Oleo Press. Kendari.
- Badan Penanggulangan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Semarang. 2014. Kekeringan. Semarang.
- Donald, A, Wilhite & Michael, H, Glantz. 1985. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Nebraska Agricultural Research Division*. 10:3 (1985), pp. 111–120.
- Eleanor, J, Burke., Simon, J, B & Nikolaos, Christidis's. 2006. Modeling the Recent Evolution of Global Drought and Projections for the Twenty-First Century with the Hadley Centre Climate Model. *Journal of Hydrometeorology*. DOI:10.1175/JHM544.1
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2012. Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan Pusat Penelitian dan Pengembangan Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air. 2014. Prototipe Pompa Air Tenaga Hidro untuk Penyediaan Air Baku dan Mengatasi Kekeringan. Jakarta.
- Sergio M. Vicente-Serrano, Santiago Beguería, and Juan I. López-Moreno. 2010. A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, *Journal of Climate*. 23:07. Page 1696–1718, <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>

Sudjarwadi, Muh. Pandu S., B. Anton S., Visi
Asriningtyas. 2021. Pengembangan Sumberdaya Air.
Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan UGM
Yogyakarta.

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

Safrudin Tolinggi, SKM., M.KL
Universitas Gorontalo

Definisi dan Parameter Kualitas Air

Menurut United Nations Environment Programme (UNEP), kualitas air adalah kondisi air yang memenuhi persyaratan tertentu untuk dapat digunakan sesuai dengan tujuannya. Kualitas air dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti ; sumber air, aktifitas manusia, dan kualitas lingkungan. Untuk menjaga kesehatan lingkungan dan masyarakat diperlukan kualitas air yang baik. Air yang bersih dan sehat dapat digunakan untuk kebutuhan minum, memasak, mandi, dan kegiatan lainnya. Air yang kotor dan tercemar dapat menyebabkan berbagai penyakit, seperti diare, kolera, dan tipus. (United Nations Environment Programme (UNEP), 2008).

Kualitas air juga dapat diartikan sebagai suatu ukuran keadaan maupun kondisi air berdasarkan aspek fisik, kimia, dan biologis yang menunjukkan ukuran kondisi air relative terhadap kebutuhan biota aquatic dan manusia (Diersing, 2009) (Johnson et al., 1997). Kualitas air sering menjadi tolak ukur atau standar terhadap kesehatan ekosistem perairan dan kondisi kesehatan masyarakat dengan air minumannya. Berbagai lembaga negara di dunia merujuk pada data ilmiah dan kebijakan politik yang diambil untuk menentukan standar kualitas air yang diperbolehkan untuk beberapa keperluan

tertentu. Kualitas air bervariasi seiring waktu dan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan setempat. Kualitas air erat dipengaruhi oleh kualitas ekologi disekitarnya sehingga kualitas air termasuk subjek yang sangat kompleks dalam ilmu lingkungan. Adanya aktifitas industri seperti *manufacturing*, pertambangan, konstruksi dan transportasi, merupakan penyebab utama pencemaran air. Selain itu, limpasan air permukaan dari aktifitas pertanian dan perkotaan turut mempengaruhi kualitas air. (United Nations Environment Programme (UNEP), 2008).

Pada dasarnya untuk menilai kelayakan kualitas air berbagai parameter seperti fisik, kimia dan biologi diukur untuk memberikan informasi atau gambaran tentang kondisi air dan potensi bahaya yang dapat ditimbulkan terhadap manusia dan lingkungan (Benjamin, 2015). Adapun indikator dari keseluruhan parameter dapat diuraikan sebagai berikut : (Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Pedoman Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, 2021)

Parameter Fisika

Parameter fisika adalah parameter yang berkaitan dengan sifat-sifat fisik air, seperti suhu, kekeruhan, warna, daya hantar listrik, jumlah zat padat terlarut, rasa, dan bau.

1. Suhu

Indikator suhu merupakan ukuran untuk menilai tinggi atau rendahnya temperatur secara kuantitatif yang menjadi indikator tinggi atau rendahnya temperature air yang dinilai aman bagi manusia dan lingkungan. Suhu air yang terlalu hangat mengakibatkan pertumbuhan bakteri patogen meningkat, contohnya bakteri yang dihidup di

lingkungan perairan laut seperti *Vibrio parahaemolyticus* (Vp). Bakteri ini pada umumnya dikenal sebagai bakteri yang dapat mengakibatkan gastroenteritis pada manusia yang diakibatkan oleh konsumsi makanan seafood mentah (tanpa diolah). Dibeberapa kasus tertentu (jarang) bakteri ini mengakibatkan septicemia dan infeksi extraintestinal akibat luka yang terpapar dengan air yang terkontaminasi dengan bakteri *Vibrio parahaemolyticus* (Vp) (Daniels et al., 2000). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Billaud et al., 2022) bahwa aktifitas bakteri *Vibrio parahaemolyticus* (Vp) dalam merilis TDH (Thermostable Direct Hemolysin) pada air laut yang merupakan *pathogenic factor* utama yang menginfeksi manusia yang cenderung meningkat pada suhu 31°C dibandingkan pada suhu 27 °C. Selain itu, kenaikan suhu air dapat menurunkan kadar DO (Dissolved Oxygen) dan mengganggu kehidupan biota laut karena mempengaruhi kandungan nitrogen dan posphor (Mazierski & Kostecki, 2023). Sehingga, memicu terjadinya eutrofikasi yang memicu ledakan populasi alga yang mengganggu kehidupan ekosistem perairan (Koskei et al., 2019). Penurunan suhu air akan berdampak pada keberlangsungan hidup ekosistem antara lain; kematian dan kerusakan pada organisme laut, perubahan dalam distribusi spesies, penurunan produktifitas ikan (Muttaqin et al., 2014). Selain dampaknya pada kehidupan organisme penurunan suhu air dapat meningkatkan risiko bencana alam (Susilawati, 2021).

2. Kekeruhan

Kekeruhan air adalah ukuran banyaknya partikel tersuspensi dalam air. Tingkat kekeruhan tinggi dapat mengganggu kehidupan akuatik karena mengurangi penetrasi cahaya ke dalam air, menyebabkan air tampak kotor sehingga mempengaruhi nilai estetika lingkungan.

3. Warna

Warna air adalah ukuran intensitas warna air. Warna air yang tidak normal dapat disebabkan oleh adanya polutan. Polutan yang dapat menyebabkan perubahan warna air antara lain adalah limbah industri, limbah pertanian, dan limbah rumah tangga.

4. Daya hantar listrik (DHL)

DHL air adalah ukuran kemampuan air untuk menghantarkan listrik. DHL yang tinggi dapat disebabkan oleh adanya polutan organik atau anorganik. Polutan yang dapat meningkatkan DHL air antara lain adalah limbah industri, limbah pertanian, dan limbah rumah tangga.

5. Jumlah zat padat terlarut (TDS)

TDS (Total Dissolved Solid) air adalah ukuran banyaknya zat terlarut dalam air. TDS yang tinggi dapat disebabkan oleh adanya mineral atau polutan. Polutan yang dapat meningkatkan TDS air antara lain adalah limbah industri, limbah pertanian, dan limbah rumah tangga.

6. Rasa dan bau

Rasa dan bau adalah parameter yang berkaitan dengan sensasi indera manusia. Rasa dan bau yang tidak normal dapat disebabkan oleh adanya polutan.

Parameter Kimia

Parameter kimia adalah parameter yang berhubungan dengan komposisi kimia yang terkandung dalam air. Parameter kimia dapat digunakan untuk menilai kualitas air secara lebih spesifik.

1. Tingkat Keasaman (pH)

Tingkat keasaman dan alkalinitas air diukur dengan pH. Rentang pH normal untuk air adalah 6,5-8,5. Kadar pH yang berada di luar rentang tersebut dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan.

2. Kadar Oksigen Terlarut (DO)

Kadar oksigen terlarut (DO) adalah ukuran jumlah oksigen yang terlarut dalam air. Kadar DO yang rendah dapat menyebabkan kematian ikan dan organisme air lainnya.

3. Jumlah Karbon Dioksida Terlarut (CO₂ terlarut)

CO₂ terlarut adalah ukuran jumlah karbon dioksida yang terlarut dalam air. Tingginya kadar CO₂ terlarut dapat menyebabkan peningkatan pH air.

4. Tingkat Salinitas

Salinitas adalah ukuran jumlah garam yang terlarut dalam air. Tingkat salinitas yang tinggi dapat berdampak buruk pada kesehatan manusia dan hewan.

5. Kandungan logam

Logam seperti besi, mangan, dan seng dapat ditemukan dalam air dan dapat berasal dari pipa atau sumber asal air. Kadar logam tinggi dalam air dapat membahayakan hewan dan manusia terutama kandungan logam berat. Pencemaran logam berat dilingkungan dapat mempengaruhi kualitas

ekosistem aquatic yang mengancam keanekaragaman hayati, kematian, kanker, masalah gangguan reproduksi dan penyakit akut serta kronis pada manusia. Akibat dari proses biokonsentrasi maupun bioakumulasi unsur maupun senyawa logam yang bersifat toksik yang menyebar melalui rantai makanan hingga ke manusia, sebagai konsumen yang dinilai berisiko tinggi terhadap dampak dari penyebaran logam berat di lingkungan (Levallois & Villanueva, 2019).

6. Sulfat

Sulfat adalah senyawa kimia yang terdapat dalam air dan dapat berasal dari limbah industri atau alam. Kandungan sulfat yang tinggi dalam air dapat menyebabkan masalah kesehatan pada manusia dan hewan, serta menyebabkan kerusakan lingkungan.

7. Klorida

Klorida adalah senyawa kimia yang terdapat dalam air dan dapat berasal dari limbah industri atau alam. Kandungan klorida yang tinggi dalam air dapat merusak lingkungan dan kesehatan manusia.

8. Mangan

Mangan adalah logam yang terdapat dalam air dan dapat berasal dari pipa atau sumber air. Kandungan mangan yang tinggi dalam air dapat menyebabkan masalah kesehatan pada manusia dan hewan serta merusak lingkungan.

9. Zat organik

Zat organik seperti bahan kimia dan pestisida dapat terdapat dalam air dan dapat berasal dari limbah industri atau pertanian. Kandungan zat organik yang tinggi dalam air dapat menyebabkan masalah kesehatan pada manusia serta hewan dan merusak lingkungan.

Parameter Biologi

Parameter biologi digunakan untuk menilai buruknya kualitas air akibat keberadaan mikroorganisme. Para ahli biologi melakukan survey pada ikan dan serangga yang hidup di lingkungan perairan dan melakukan analisis kualitas air berdasarkan perhitungan menggunakan indeks keanekaragaman spesies/ *species diversity indeks* (SDI). Sehingga, diperoleh indikator bahwa badan air dengan keanekaragaman spesies yang berimbang mampu menciptakan sistem yang sehat bagi lingkungan perairan.

Mikroorganisme secara alami terdapat di lingkungan. Tubuh manusia mengandung populasi mikroba dengan jumlah normal yang terdapat pada saluran pencernaan dan sebagian besar merupakan jenis bakteri coliform. Meskipun terdapat jutaan mikroba per mililiter limbah cair, sebagian besar bakteri ini tidak berbahaya. Bahaya mikroorganisme pada limbah cair terjadi, ketika air limbah mengandung atau terkontaminasi mikroorganisme yang berbahaya dari limbah cair manusia yang terinfeksi penyakit menular. Beberapa organisme keberadaannya dapat menjadi indikator pengukuran nilai toleransi polutan yang spesifik di lingkungan antara lain (Omer, 2019):

1. Bakteri

Dalam kondisi suplai makanan, suhu dan pH memadai, bakteri dapat bereproduksi dengan sangat cepat sehingga kultur bakteri dapat mengandung 20 juta sel per mililiter hanya dalam waktu sehari. Peningkatan pertumbuhan koloni bakteri terjadi pada media nutrisi yang memadai sehingga keberadaannya mudah dideteksi dan dihitung jumlahnya di air. Terdapat beberapa perbedaan tertentu pada berbagai spesies bakteri. Salah satu

perbedaannya terdapat pada metode metabolisme makanannya. Bakteri yang membutuhkan oksigen untuk kebutuhan metabolismenya disebut bakteri aerob, sementara bakteri yang hidup dilingkungan tanpa oksigen disebut bakteri anaerob. Beberapa spesies yang disebut bakteri fakultatif yang dapat hidup baik dalam kondisi ada atau tidak adanya oksigen dilingkungan habitatnya.

Pada suhu rendah, bakteri tumbuh dan berkembang biak dengan lambat. Seiring dengan meningkatnya suhu, laju pertumbuhan dan reproduksi bakteri akan semakin meningkat pada setiap kenaikan 10°C (hingga mencapai suhu optimum untuk spesies tersebut). Sebagian besar spesies bakteri memiliki suhu optimum sekitar 35°C .

Banyak penyakit berbahaya yang ditularkan melalui air (waterborn disease) disebabkan oleh bakteri, yaitu demam tifoid dan paratifoid, leptospirosis, tularemia, shigellosis, dan kolera. Terkadang, kurangnya praktik sanitasi yang baik mengakibatkan wabah gastroenteritis yang merupakan salah satu dari beberapa penyakit yang diakibatkan oleh penularan melalui media air.

2. Alga

Alga adalah tanaman mikroskopis yang mengandung pigmen fotosintesis, seperti klorofil. Mereka adalah organisme autotrofik dan dapat mempertahankan diri dengan mengubah bahan-bahan anorganik menjadi materi organik dengan menggunakan energi dari matahari. Selama proses ini, mereka menyerap karbon dioksida dan melepaskan oksigen. Alga juga penting untuk pengolahan limbah cair di kolam stabilisasi. Alga pada dasarnya merupakan organisme yang mengganggu dalam pasokan air

karena masalah rasa dan aroma yang ditimbulkannya. Beberapa spesies alga menjadi penyebab masalah lingkungan dan kesehatan masyarakat yang serius; sebagai contoh, alga biru-hijau dapat membunuh sapi dan hewan ternak lainnya jika hewan tersebut minum air yang mengandung spesies tersebut.

3. Virus

Virus merupakan struktur biologis terkecil yang diketahui mengandung seluruh informasi genetik yang diperlukan untuk reproduksi mereka sendiri. Virus hanya dapat terlihat dengan mikroskop elektron yang berteknologi canggih. Virus adalah parasit yang membutuhkan inang untuk hidup. Virus dapat melewati filter yang tidak memungkinkan bakteri untuk melewatinya. Patogen virus yang terbawa oleh air diyakini dapat menyebabkan hepatitis infeksi dan poliomielitis. Sebagian besar virus yang terbawa oleh air, dapat dinonaktifkan melalui proses disinfeksi yang dilakukan di industri pengolahan air.

4. Protozoa

Protozoa adalah hewan mikroskopis bersel tunggal, yang mengonsumsi partikel organik padat, bakteri, dan alga sebagai makanan, dan pada akhirnya dimakan oleh hewan multiseluler tingkat tinggi. Protozoa akuatik mengapung bebas di dalam air dan terkadang disebut zooplankton. Mereka membentuk kista yang sulit dinonaktifkan melalui proses disinfeksi.

5. Organisme Indikator

Salah satu indikator biologis yang sangat penting untuk menilai kualitas air dan pencemaran air adalah kelompok bakteri yang disebut Coliform. Coliform patogen selalu ada di dalam sistem pencernaan manusia dan jutaan bakteri ini dikeluarkan bersamaan dengan limbah hasil ekskresi dari tubuh manusia. Oleh karena itu, air yang baru saja terkontaminasi dengan limbah akan selalu mengandung bakteri coliform. Salah satu spesies coliform yang ditemukan dalam limbah domestik adalah *Escherichia coli* atau *E. coli*. Bahkan jika air hanya mengalami tercemar ringan, kemungkinan besar bakteri ini akan ditemukan. Ada sekitar 3 juta bakteri *E. coli* dalam volume 100 mL limbah domestik yang belum diolah. Bakteri coliform adalah organisme yang agresif dan bertahan hidup dalam air lebih lama dari pada sebagian besar pathogen lainnya. Biasanya ada dua metode untuk menguji bakteri coliform, yaitu metode penyaringan membrane (membrane filter method) dan metode fermentasi tabung ganda (multiple-tube fermentation method). Uji bakteri coliform di air bertujuan untuk menjaga kesehatan masyarakat.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Air

Kualitas air dapat dipengaruhi oleh faktor alam dan faktor antropogenik. Faktor alam meliputi kondisi iklim dan perubahannya, bencana alam, faktor geologi, struktur tanah maupun sedimentasinya serta faktor interaksi hiporeik (Hyporheic exchange). Faktor antropogenik meliputi aktifitas industrialisasi, kegiatan pertanian dan urbanisasi. Adapun kedua faktor utama tersebut dapat uraikan sebagai berikut (Akhtar et al., 2021) :

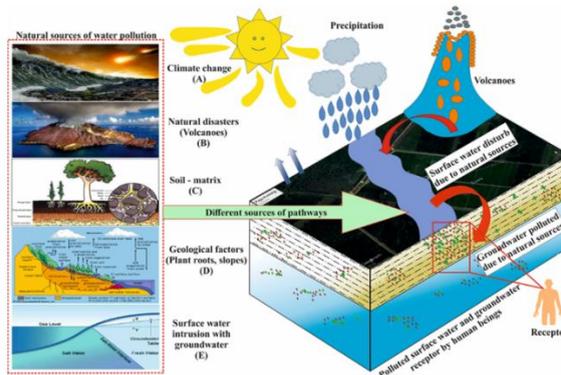
Faktor Alam

Faktor alam merupakan peristiwa alami yang terjadi dilingkungan yang dapat menyebabkan pencemaran sumber daya air, adapun faktor alam tersebut dapat berupa :

1. Perubahan Iklim

Perubahan iklim tidak hanya mempengaruhi sistem ekologi, hidrologi, dan tatanan biologi; tetapi juga mempengaruhi kehidupan ekonomi masyarakat (Yang et al., 2011). Beberapa penyebab utama masalah kerentanan atau krisis ketersediaan air permukaan dan air tanah yaitu perubahan pola iklim suatu wilayah secara alami (natural regional climate oscillations) dan perubahan cuaca secara global (global climate change) (Kammoun et al., 2021). Namun, hal ini juga dipengaruhi oleh pola cuaca masa lalu dalam konteks air tanah yang terperangkap di dalam akuifer jutaan tahun lalu (air tanah fosil). Oleh karena itu, presipitasi, kelembaban, dan evapotranspirasi adalah faktor-faktor yang mempengaruhi iklim yang paling signifikan. Karakteristik lain dari faktor iklim adalah variasi suhu musim (Anders et al., 2014). Hal ini mempengaruhi proses koagulasi serta menyebabkan suhu sejuk di musim dingin. Dilusi air sungai secara tiba-tiba melalui hujan lebat secara langsung mempengaruhi kualitas air serta curah hujan yang tinggi memiliki dampak langsung maupun tidak langsung dalam mempengaruhi tinggi permukaan air. Selain itu, kelembaban dan curah hujan yang tinggi merupakan sumber utama bagi sebagian besar akuifer, yang mempengaruhi proses infiltrasi langsung maupun pengaturan aliran secara tidak langsung. Selain itu, evapotranspirasi yang melibatkan faktor-faktor iklim lain seperti

(pertukaran panas, radiasi, dan dinamika pergerakan angin) dapat mempengaruhi kualitas serta kuantitas sumber daya air. Curah hujan yang tidak teratur dan evapotranspirasi yang cenderung tinggi, memicu terjadinya kekurangan atau kelebihan konsentrasi dari zat terlarut pada sistem penyediaan air tanah, terutama di daerah semi-arid dan gersang (Payus et al., 2020).



Gambar 9.1 Diagram yang menggambarkan beberapa faktor alamiah yang memengaruhi kualitas air permukaan dan air tanah.

Sumber Gambar A :

<https://flipboard.com/article/asteroid-tsunami-nasa-s-fear-of-250metre-city-killer-space-rock-striking-wate/f-fd71cce6b3>, diakses tanggal 11 Oktober 2023.

Sumber Gambar B:

<https://www.environmentbuddy.com/environment/volcanoes-types-importance-pros-and-cons/>

sumber Gambar C :

<http://www.fao.org/3/u8480e/U8480E0b.htm>, diakses tanggal 11 Oktober 2023

Sumber Gambar D :

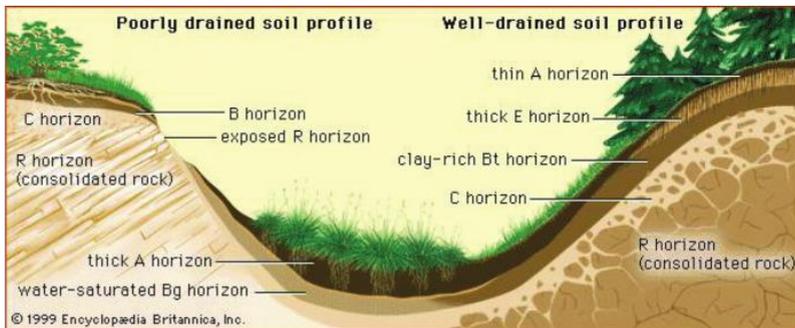
<https://www.britannica.com/technology/water-supply-system/Surface-water-and-groundwater>, diakses tanggal 11 Oktober 2023

Sumber Gambar E :

<https://www.solinst.com/resources/papers/101c4salt.php>, diakses tanggal 11 Oktober 2023

2. Kondisi Geologi

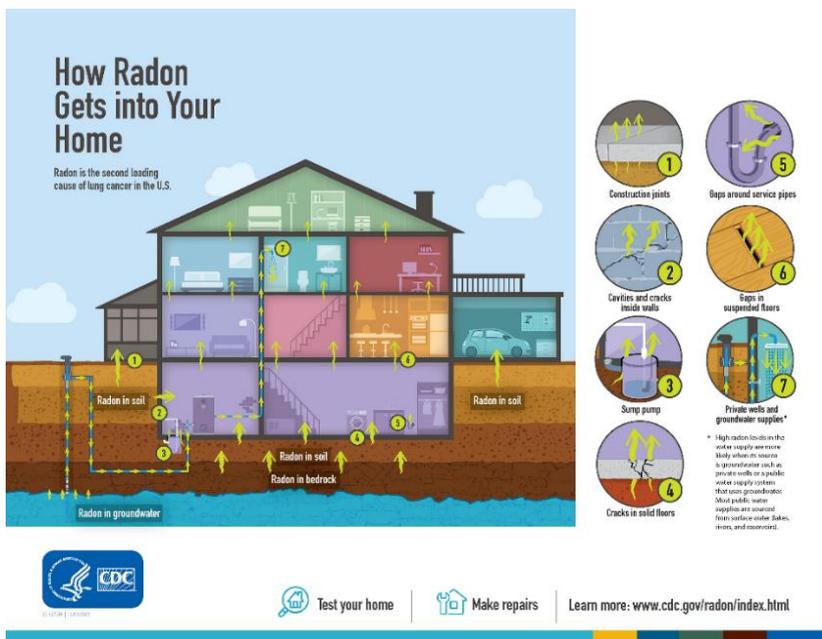
Faktor-faktor geologis (jenis tanah, kemiringan topografi, akar tanaman, kandungan air terhadap mineral/tanah, dan elemen radioaktif) sangat penting bagi kualitas sumber daya air (Schoonover & Crim, 2015). Formasi geologi secara regional dan lokal, serta deformasi tektonik menunjukkan pengaruhnya terhadap dinamika alami penyerapan air ke dalam tanah, aliran air di bawah permukaan tanah dan karakteristik fisik akuifer. Bentuk jenis tanah landscape berfluktuasi oleh bentuk formasi dan proses geologi yang terjadi di bawah permukaan tanah, serta tingkat kecepatan penyerapan tanah. Medan datar memiliki limpasan permukaan yang lebih rendah dalam mengakomodasi daya infiltrasi yang tinggi, sedangkan lereng yang curam cenderung meningkatkan limpasan pada permukaan dan mengurangi waktu tinggal air tanah. Selanjutnya, akar tanaman atau sistem vegetasi dapat menghasilkan jalur aliran preferensi di zona tidak jenuh (unsaturation zone), sedangkan perlindungan oleh vegetasi flora mengakibatkan menurunnya permukaan limpasan dan meningkatnya laju evapotranspirasi (Riedel & Weber, 2020). Air merupakan pelarut yang mampu melarutkan serta berinteraksi dengan komponen organik dan anorganik dari tanah, mineral (anion atau kation), dan berbagai jenis batuan dasar (Zaharescu et al., 2019). Pelarutan mineral adalah proses lambat yang memakan waktu berhari-hari, bertahun-tahun atau puluhan tahun dan bergantung pada kelarutan mineral, serta mempengaruhi banyak karakteristik kualitatif akuifer, misalnya kesadahan dan pH.



Gambar 9.2 Perbandingan bentukan profil tanah dari lereng bukit pada kondisi drainase yang buruk dan yang baik. Erosi permukaan dapat terjadi pada tanah dengan drainase buruk, sehingga lapisan di bawah permukaan tanah terbuka dan menggeser tanah dari lapisan puncak ke bagian bawah lereng (Sumber: <http://www.britannica.com/EBchecked/media/19383/Soil-profiles-on-hillslopes-The-thickness-and-composition-of-soil> (Encyclopedia Britannica, Inc. 1999) diakses tanggal 12 Oktober 2023).

Masalah lainnya yang mempengaruhi kualitas air adalah keberadaan kontaminan bahan radioaktif di ekosistem aquatic yang bersumber dari bahan radioaktif, yang terdeposisi ke lingkungan sehingga sifat peluruhan radioaktif dapat merusak kualitas tanah. Kerusakan oleh bahan radioaktif disebabkan oleh emisi radiasi pengion yang bersifat beracun ke atmosfer, seperti partikel beta atau alfa, sinar gamma atau neutron. Sifat bahan yang secara substansi merupakan radioaktif, ketika partikelnya dalam keadaan sangat tidak stabil, maka hal ini dapat mengakibatkan kerusakan yang serius seperti, mutasi dan bahkan dapat membunuh tumbuhan, hewan, serta manusia (Rejah et al., 2018). Terdapat dua sumber penyebab polusi nuklir pada air minum, sumber pertama berasal nuklida yang secara alami terkandung di dalam tanah dan bebatuan tempat air tersebut mengalir (Alam et al., 2020). Sumber radioaktif kedua berasal dari sumber aktifitas manusia (human made)

contohnya nuklida buatan dikembangkan oleh aktivitas manusia seperti reaktor nuklir, aktifitas uji coba nuklir, dan upaya pengembangan dan pemanfaatan sumber daya nuklir (AL-Alawy et al., 2018). Radionuklida dalam air minum mengandung tiga rangkaian unsur radioaktif dari alam seperti radium dan plutonium, dan mengandung unsur radioaktif lainnya seperti thorium, actinium, serta gas radioaktif radon (Ahmad et al., 2015). Kontaminan ini dapat menyebabkan berbagai macam kerusakan biologis. Contohnya, unsur radium bisa terkonsentrasi ke dalam tulang sehingga menyebabkan kanker dan unsur seperti uranium dapat menyebabkan kanker tulang dan memiliki efek toksik terhadap ginjal (Hussein, 2019).



Gambar 9.3 Radon merupakan penyebab kedua penyakit kanker paru di Amerika Serikat. Unsur ini banyak ditemukan pada batuan dasar dan tanah dan merambat melalui: (1) sambungan konstruksi, (2) rongga dan retakan pada

dinding, (3) pompa air, (4) celah dan retakkan pada lantai, (5) celah pada pipa, (6) sumur dan aliran air tanah untuk kebutuhan air bersih (Sumber : <https://www.cdc.gov/radon/radon-facts-ld.html> (How Radon Gets Into Your Home – Long Description CDC, 2021) diakses tanggal 12 Oktober 2023

3. Struktur Tanah dan Sedimentasi

Seluruh bahan dasar geologi yang mengalami pelapukan yang disebabkan oleh iklim akan memperlihatkan matriks atau struktur lapisan maupun bentukan tanah antara lain ukuran butir tanah, celah pori tanah dan keberadaan lapisan tanah di bagian permukaan dan lapisan bagian bawah tanah yang tertutup. Sifat fisik dari setiap lapisan tanah memiliki peran dalam mempengaruhi penyimpanan air pada akuifer, jalur transportasi air, serta volume dan laju resapan air ke dalam tanah. Selain itu juga, semua faktor tersebut mempengaruhi rata-rata waktu yang dibutuhkan dari setiap lapisan akuifer dalam menyimpan air. Sedimen beserta lapisan tanah secara teratur berinteraksi dengan zat terlarut melalui proses fisika, kimia, dan biologi. Misalnya melalui peristiwa pertukaran ion, proses absorpsi, degradasi komponen zat biotik/abiotik, dan turunnya hujan (Wuana & Okieimen, 2011). Namun, pada tahapan reaksi redoks biasanya terhambat oleh sedimentasi zat anorganik atau tanah dan sebaliknya, senyawa organik atau mikroorganisme/bakteri cenderung mempercepat laju reaksi pada tahapan reaksi redoks (Cumberland et al., 2016). Sebagian besar peran mikroorganisme adalah mengatur persistensi polusi dalam bahan organik. Kekurangan oksigen cenderung terjadi pada air tanah dalam, sedangkan air tanah yang kaya oksigen sering cenderung berada di sekitar retakan atau celah akuifer atau pada air tanah

dangkal (Wali et al., 2019). Oleh karena itu, reaksi ini akan berdampak pada pertukaran ion dan proses reduksi baik pada air tanah dangkal maupun dalam. Seluruh variabel ini mempengaruhi bagaimana kelarutan unsur dalam tanah atau kontaminan spesifik bergerak melalui pori-pori atau ruang dalam struktur sedimen yang terdegradasi (Kammoun et al., 2021).

4. Interaksi hiporeik (Hyporheic exchange)

Pergerakan air permukaan dan air tanah melewati endapan pada jalur terdekat dan terdalam pada dasar sungai, disertai mekanisme pencampuran zat terlarut antara area siklus pertukaran air di sekitar sungai alluvial, disebut sebagai interaksi hiporeik (Sophocleous, 2002). Selanjutnya, material yang terlarut dan tersuspensi, yang kaya akan bahan organik serta oksigen kesemuanya bersifat reaktif disekitar area interaksi hiporeik (Bayani Cardenas, 2015). Interaksi ini juga melewati, proses fisik, kimia, dan biologi. Selain itu, proses infiltrasi pada permukaan yang terjadi baik yang melalui rute preferensial atau seluruh zona yang lembab, terjadi dalam formasi yang relatif homogen (Brunner et al., 2017). Selanjutnya, aliran dan pengisian air pada dasarnya terjadi pada retakan, jalur maupun celah lainnya yang terisolasi pada akuifer batuan keras yang berkarst, tertutup, atau terbuka yang memungkinkan laju pengisian air secara cepat atau lambat (Schmadel et al., 2016). Rute aliran air yang spesifik hanya aktif selama dan setelah peristiwa hujan atau mencairnya salju pada wilayah tersebut berlangsung.

Salah satu masalah lingkungan yang paling kompleks dan kita ketahui bersama adalah *intrusi* air payau atau air laut yang mengancam kualitas dan keberlanjutan air tanah di akuifer pesisir (Alfarrah &

Walraevens, 2018). *Intrusi* air laut dan tingginya cekungan membuat sistem air tanah di wilayah pesisir rentan terhadap *salinisasi*. Interaksi air tanah dan air laut dapat diklasifikasikan menjadi dua aliran air yang berbeda: aliran air laut ke dalam akuifer (intrusi air laut) dan aliran air tanah ke laut atau ke samudra (pelepasan air tanah bawah ke laut) (Kumar et al., 2016). Infiltrasi air laut ke dalam air tanah dapat mempengaruhi kualitas dan ketersediaan akuifer, serta akan menyebabkan gangguan pada akuifer pesisir. Dengan demikian, intrusi air asin adalah transfer air asin ke dalam sistem akuifer air tawar.

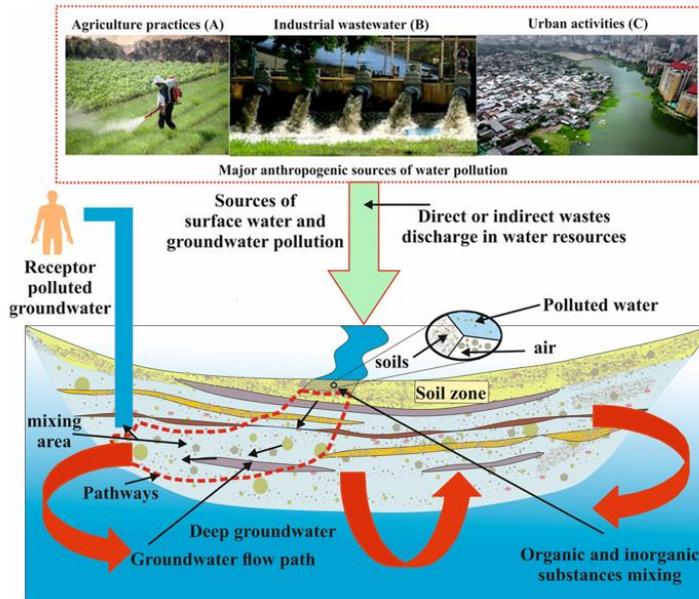
Faktor Antropogenik

Pencemaran anthropogenic adalah masuknya unsur maupun senyawa yang dihasilkan oleh aktifitas manusia yang sebagian besar berasal dari pemanfaatan lahan yang mencemari lingkungan. Air permukaan berbeda dari air tanah karena dapat mengandung banyak bahan kimia berbahaya akibat aktifitas manusia sehingga air ini sangat terkontaminasi (Khatri & Tyagi, 2015). Faktor antropogenik memiliki pengaruh besar baik dalam hal mengubah atau menurunkan kondisi alamiah sekaligus menambahkan variabel-variabel baru pada setiap bagan siklus air (Burri et al., 2019). Pengaruh faktor sosial yang berkaitan dengan penggunaan lahan hingga saat ini, masih menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, seperti proses pengolahan limbah dan pembangunan infrastruktur yang tanpa mempertimbangkan keberlanjutan lingkungan (Khatri & Tyagi, 2015). Pencemaran anthropogenic meliputi :

1. Aktifitas Industrialisasi

Pencemaran air disebabkan oleh limbah industri yang dihasilkan dari pabrik, kegiatan manufaktur,

dan sektor pertambangan. Sektor-sektor ini menghasilkan potensi bahaya pencemaran pada sumber daya air. Seluruh sumber polutant tersebut terletak di permukaan bumi, kemudian limbah industri mengalir ke dalam air permukaan lalu meresap secara langsung maupun tidak langsung ke dalam air tanah. Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai upaya telah dilakukan oleh negara-negara maju maupun berkembang untuk mengidentifikasi seluruh sumber pencemaran air ini. Kegiatan pemantauan dan pembersihan telah dilaksanakan. Meskipun demikian, masih banyak pekerjaan yang diperlukan untuk mendefinisikan dan mengamankan seluruh sumber pencemaran ini, serta mengevaluasi seluruh langkah-langkah antisipasi yang telah diambil. Diperkirakan bahwa 3% dari permukaan tanah telah dimanfaatkan oleh kegiatan untuk keperluan industri dan pengembangan perkotaan, termasuk areal kegiatan eksplorasi maupun ekstraksi mineral (Mateo-Sagasta, J., Zadeh, S.M., Turrall, H., Burke, 2017). Kedua faktor penyebab polusi (secara alami dan oleh aktifitas manusia) ini seringkali menjadi fokus dalam literatur sumber daya air, mengingat meningkatnya limbah cair dan padat yang dibuang. Secara global, lebih dari 80% air limbah dilaporkan dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan (Masi et al., 2018). Ada beberapa sumber utama yang memungkinkan terjadinya kontaminasi air akibat aktivitas industri antara lain, aktifitas pembuangan limbah padat maupun cair, aktifitas pertambangan, tumpahan limbah akibat kebocoran instalasi pengolahan.

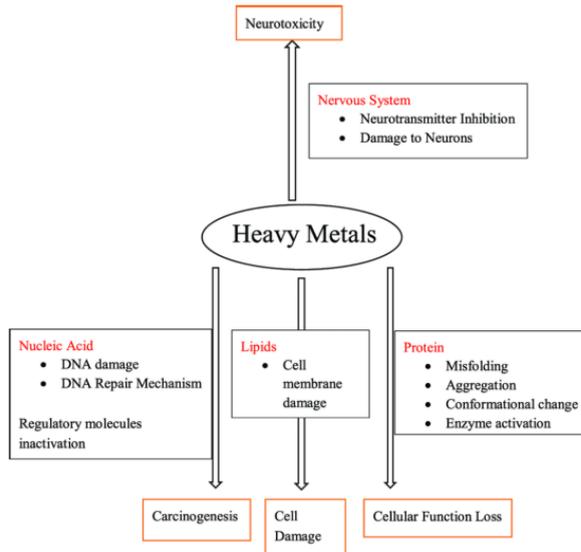


Gambar 9.4 Diagram ilustrasi beberapa kegiatan anthropogenic yang mengkontaminasi air permukaan dan sistem penyediaan air tanah. Pergerakan pollutant melalui berbagai jalur sehingga menghasilkan dampak pada reseptor (Sumber: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/CA0146EN>), diakses tanggal 12 Oktober 2023

Pencemaran dari aktifitas industri khususnya pada kegiatan industri pertambangan menghasilkan limbah B3 dengan jenis logam berat. Logam berat pada dasarnya memang berada secara alami di alam terutama pada aktifitas vulkanologi, atmosfer, erosi tanah, dan terkandung pada bebatuan mineral di dalam tanah. Selain dari aktifitas industri dan proses alami di alam, unsur logam berat dapat diidentifikasi pada sisa hasil aktifitas domestik, serta aktifitas pertanian dan peternakan (Vardhan et al., 2019). Walaupun dalam konsentrasi yang sedikit, logam ini tetap dapat menimbulkan dampak yang berbahaya bagi manusia

(Briffa et al., 2020). Sehingga, pencemaran logam berat dalam sumber daya air dan lingkungan harus dimonitor, diidentifikasi, dan kendalikan. Terutama yang dihasilkan dari limbah hasil kegiatan eksploitasi alam, air limbah industri, lumpur tinja, pemupukan, kegiatan pertambangan, dan eksplorasi mineral tanah, untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan oleh limbah yang dihasilkan dari berbagai kegiatan industri (Vardhan et al., 2019).

Konsentrasi logam berat dalam tanah seringkali lebih tinggi dari pada nilai ambang batas yang diperbolehkan sehingga dapat menyebabkan masalah kesehatan yang serius. Beberapa logam esensial memang dibutuhkan oleh tubuh untuk memelihara struktur tulang maupun sistem keseimbangan asam basah, memelihara struktur protein, enzim, dan hormon. Misalnya zat besi (Fe) pada hemoglobin dan Zinc untuk memproduksi enzim dalam tubuh. Ada beberapa unsur logam non esensial yang tidak memiliki peranan penting bagi tubuh manusia namun dapat mempengaruhi sistem saraf manusia. Toksisitas logam berat dapat merusak komponen sel, organel sel, aktivitas saraf pusat yang mengakibatkan gangguan mental, kerusakan membran sel maupun inti sel, merusak komposisi darah, hingga mengakibatkan gangguan pada ginjal dan paru-paru. Paparan dalam jangka waktu yang lama dapat mengakibatkan penyakit Alzheimer, degenerasi otot, dan berbagai penyakit kanker dan apabila kontaminasi memicu terjadinya interaksi ion logam berat dengan asam nuclead DNA, akan mengakibatkan kerusakan pada DNA hingga apoptosis. Hal ini dapat dilihat pada gambar 9.5.



Gambar 9.5 Jalur pajanan logam berat pada manusia. sumber (Vardhan et al., 2019)

Toksistas logam berat pada manusia sebagian besar melalui tiga jalur yang signifikan yaitu melalui paparan dermal, konsumsi oral, dan inhalasi. Jalur paparan pada manusia tergantung pada karakteristik logam berat itu sendiri. Karena logam berat bersifat larut dalam air, konsumsi melalui jalur oral adalah jalur yang paling efektif untuk unsur lainnya berupa tembaga memasuki tubuh manusia. Bioakumulasi akibat logam berat ini dapat terjadi pada makhluk hidup dan menjadi jalur utama untuk masuknya merkuri melalui organisme yang hidup di laut. Paparan logam berat dapat melalui jalur skin contact dan telah beberapa jenis logam telah memasuki sistem internal pada tubuh manusia yang telah terkombinasi dengan zat lainnya. Kontaminasi logam berat telah menjadi masalah yang umumnya dialami oleh manusia, misalnya kontaminasi dengan unsur nikel (Ni) yang menyebabkan meningkatnya masalah hipersensitifitas pada anak-anak yang

tumbuh di negara-negara industri atau di negara maju. Beberapa logam berat merupakan polutan di lingkungan yang telah dikenal luas dan ditemukan dalam konsentrasi tinggi hampir di seluruh sumber air yang ada di dunia, termasuk unsur besi, tembaga, nikel, kadmium, seng, aluminium, kromium, arsenik, kobalt, mangan, merkuri, dan timbal (Kinuthia et al., 2020).

2. Aktifitas Pertanian

Pertanian adalah salah satu aktifitas yang umumnya dapat mempengaruhi kualitas air permukaan maupun air tanah. Aktifitas ini meliputi budidaya perikanan serta pertanian, peternakan, penyemprotan pestisida, pemupukkan tanaman, budidaya hewan dan peternakan unggas. Seluruh kegiatan ini terjadi di permukaan bumi kemudian terjadi penetrasi polutan ke air tanah melalui permukaan tanah, area vegetasi, hujan, sungai dan saluran irigasi hingga polutan meresap ke dalam air tanah. Penggunaan pestisida sangat akrab dengan aktifitas pertanian yang bertujuan untuk menghilangkan organisme yang tidak diinginkan di perkebunan masyarakat, area pertanian, dan area publik lainnya (Hassaan & El Nemr, 2020). Istilah "pestisida" mencakup seluruh zat kimia yang digunakan untuk membunuh atau mengendalikan hama. Pada awal tahun 1960-an, orang mulai menyadari pestisida sebagai bahaya lingkungan. Pengendalian kimia telah menjadi bagian inti permasalahan bagi lingkungan selain perkembangan dibidang pertanian, pesatnya pertumbuhan penduduk perkotaan dan masalah industrialisasi. Survey yang dilakukan secara massif sejak tahun 1989 mengungkapkan bahwa, penggunaan pestisida terus meningkat dengan estimasi konsumsi yang

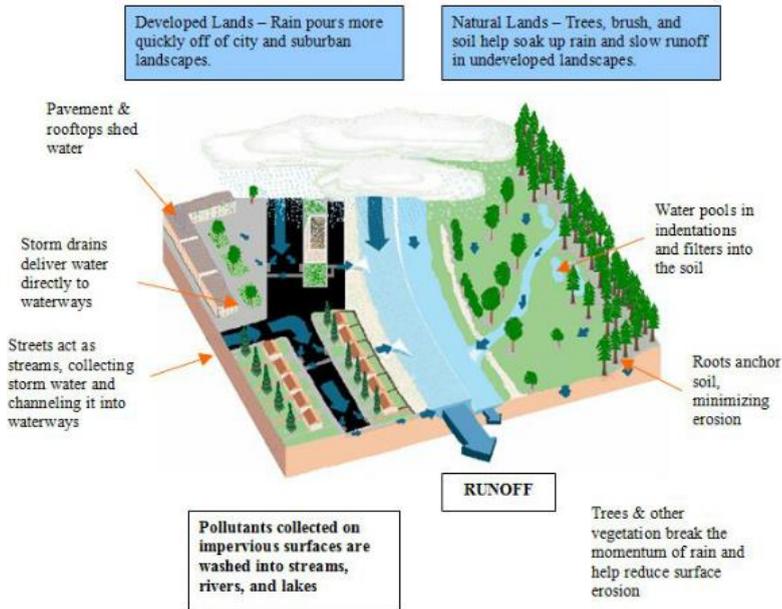
mencapai 3 juta ton pada tahun 2007 (Burri et al., 2019). Problem pestisida bagi lingkungan perairan terletak pada laju degradasi dan absorpsi senyawa ini dilingkungan, karena berhubungan dengan pengendalian persistensinya oleh alam terutama sifatnya pada sedimentasi sungai dan pergerakan pestisida di bawah permukaan tanah. Akuifer air tanah yang berpori umumnya lebih baik dalam menyaring pestisida dari bawah tanah. Akan tetapi, akuifer dengan jenis karst lebih rentan karena alirannya yang cepat dan reaktivitas sedimen yang rendah dalam mencegah kontaminasi pestisida jangka Panjang. Sehingga, pestisida dapat dengan mudah berpindah ke wilayah zona yang lebih luas yang menyebabkan tercemarnya air permukaan dan air tanah (Agrawal et al., 2010).

Beberapa Negara di dunia memiliki banyak peternakan unggas dan hewan seperti di Negara Amerika Serikat yang diperkirakan memiliki 1,2 juta peternakan hewan dan unggas. Angka ini sudah mencakup semua aktifitas yang bertujuan untuk meningkatkan produksi susu maupun daging sapi, babi dan ternakan lainnya, baik yang menggunakan sistem kandang (caged system) dan sistem penggembalaan (grazing system/range-fed system) (Akinbile et al., 2016). Kotoran hewan yang merupakan jenis limbah padat yang dihasilkan pada aktifitas ini, kemudian dimanfaatkan untuk menambah, menutrisi atau memperbaiki nutrisi tanah. Namun, seiring bertambahnya jumlah hewan ternak dan meningkatnya luas areal peternakan telah menimbulkan masalah yang lebih serius bagi lingkungan terutama pada penggunaan dan pembuangan limbah hewan. Seiring dengan peningkatan kapasitas produksi melalui perluasan lahan yang mampu mengakomodasi usaha

peternakan, menghasilkan dampak berupa peningkatan nutrisi tanah oleh kotoran ternak, terutama yang terjadi di Negara China, India, Australia, Amerika Serikat, dan Afrika Selatan. Hal ini terjadi sejak kegiatan pengembangbiakan hewan ternak menjadi lebih padat dan lebih terkonsentrasi secara spasial. Limbah hewan ini ada yang dialirkan ke danau, sungai, dan air tanah di sekitarnya atau menutupi permukaan lahan pertanian. Oleh karena itu, distribusi limbah kotoran hewan dari hasil peternakan ke lingkungan air permukaan, air tanah, dan udara telah menghasilkan dampak serius bagi lingkungan, terutama bagi kesehatan masyarakat secara keseluruhan. Limbah hewan mengandung garam serta unsur hara lainnya dan juga antibiotik, pestisida, serta hormon dalam konsentrasi tertentu. Selain itu, nutrisi (berupa fosfor dan nitrogen), unsur patogen, padatan, bahan organik, dan bau / senyawa yang mudah menguap yang kesemuanya merupakan polutan utama yang berasal dari limbah pembudidayaan hewan (Polat & Olgun, 2018).

3. Urbanisasi

Urbanisasi meliputi kegiatan pengalihan fungsi lahan seperti aktifitas pembukaan lahan baru yang secara global semakin meningkat (Müller et al., 2020). Urbanisasi mencakup konversi fungsi lahan dari lahan pertanian, lahan basah, hutan, padang rumput atau bentuk alami lainnya untuk tujuan komersial, industri, perumahan dan transportasi. Sehingga, memperluas area permukaan yang kedap air (Khatri & Tyagi, 2015). Oleh karena itu, permukaan kedap air adalah faktor ukur yang berkorelasi erat dengan peningkatan sumber limpasan bahan cemar yang menurunkan kualitas sumber daya air (McGrane, 2016)



Gambar 9.6 Urbanisasi mempengaruhi siklus air. Sumber : <https://www.bluespringsgov.com/1051/How-Urbanization-Affects-the-Water-Cycle>, Diakses tanggal 10 Oktober 2023

Rata-rata lalu lintas harian lebih padat di wilayah perkotaan dibandingkan dengan daerah pedesaan, dan sebagai konsekuensinya, pencemaran air jauh lebih tinggi di daerah perkotaan. Menurut EPA (Environmental Protection Agency), aktifitas transportasi secara langsung mempengaruhi kualitas air melalui empat cara (United States Environmental Protection Agency (EPA), 1996) :

1. Kegiatan Konstruksi dan pemeliharaan jalan menghasilkan permukaan yang tidak dapat menyerap air, sehingga memperburuk kualitas air karena mengakibatkan menurunnya laju penyerapan air tanah, dan terjadinya peningkatan erosi.

2. Bahan pencemar seperti minyak, asap kendaraan, kotoran, dan bahan kimia lainnya terdeposisi ke jalan dan mengendap di aliran sungai.
3. Tumpahan minyak terutama di pesisir laut, mempengaruhi kualitas air di perairan laut dalam dan daerah pantai.
4. Tangki penyimpanan bawah tanah yang bocor melepaskan minyak bumi ke dalam air tanah.

Pengembangan wilayah perkotaan diperkirakan telah mencapai 3% dari luas daratan di dunia sejak tahun 2010. Pengembangan wilayah perkotaan mencakup berbagai aspek permasalahan misalnya, kepadatan populasi manusia, masalah pengembangan sistem transportasi, meningkatnya penggunaan sumber daya dan meningkatnya pembuangan limbah. Aktifitas wilayah perkotaan menyebabkan risiko pencemaran air tanah meningkat lebih besar bila dibandingkan dengan aktifitas pertanian (Khatri & Tyagi, 2015). Namun, tidak lebih besar bila dibandingkan dengan intensitas / aktifitas sektor industri dan pertanian terutama dalam hal luasan area. Pengalihan fungsi kawasan hutan yang mempengaruhi beberapa faktor seperti kondisi vegetasi, permeabilitas tanah, topografi, dan kondisi air permukaan yang kesemuanya akan berdampak pada ketersediaan cadangan air tanah, beserta siklus pergerakan air tanah (Camara et al., 2019). Transisi fungsi lahan dan vegetasi menyebabkan tingkat evapotranspirasi yang bervariasi, kebutuhan makhluk hidup akan air yang semakin meningkat dan perubahan penyerapan atau pantulan radiasi cahaya matahari dapat meningkatkan atau mengurangi pengisian kembali cadangan air tanah (Khatri & Tyagi, 2015).

Pembangunan infrastruktur perkotaan seperti pendirian gedung, sistem perpipaan dan jalan raya dapat mempengaruhi sistem ketersediaan air secara alami di lingkungan. Perubahan landscape atau bentang alam secara signifikan mempengaruhi beberapa aspek seperti neraca atau keseimbangan air, kelarutan unsur atau zat oleh air, dan mempengaruhi kualitas air (McGrane, 2016). Betonisasi permukaan tanah di wilayah perkotaan dan industri untuk keperluan pembangunan jalan dan taman menyebabkan meningkatnya aliran limpasan hujan dan salju, serta secara signifikan menurunkan evapotranspirasi dan penyebaran air tanah secara merata. Disaat yang sama, masalah pembuangan limbah dan pengolahan limbah masih menjadi problem bagi separuh populasi manusia secara global yang mendiami perkotaan. Diperkirakan masalah ini akan mengalami kenaikan sekitar 70% di tahun 2050, menurut lembaga UN World Urbanization Prospects (World Bank, 2020). Sehingga hal ini menjadi risiko akut bagi masyarakat perkotaan yang berdekatan dengan limbah yang dikelola dengan buruk dan menyebabkan meningkatnya risiko sulitnya masyarakat perkotaan mengakses air bersih.

Daftar Pustaka

- Agrawal, A., Pandey, R. S., & Sharma, B. (2010). Water Pollution with Special Reference to Pesticide Contamination in India. *Journal of Water Resource and Protection*, 02(05), 432–448. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2010.25050>
- Ahmad, N., Jaafar, M. S., Bakhsh, M., & Rahim, M. (2015). An overview on measurements of natural radioactivity in Malaysia. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 8(1), 136–141. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2014.12.008>
- Akhtar, N., Syakir Ishak, M. I., Bhawani, S. A., & Umar, K. (2021). Various natural and anthropogenic factors responsible for water quality degradation: A review. *Water (Switzerland)*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/w13192660>
- Akinbile, C. O., Erazua, A. E., Babalola, T. E., & Ajibade, F. O. (2016). Environmental implications of animal wastes pollution on agricultural soil and water quality. *Soil and Water Research*, 11(3), 172–180. <https://doi.org/10.17221/29/2015-SWR>
- AL-Alawy, I. T., Mohammed, R. S., Fadhil, H. R., & Hasan, A. A. (2018). Determination of Radioactivity Levels, Hazard, Cancer Risk and Radon Concentrations of Water and Sediment Samples in Al-Husseiniya River (Karbala, Iraq). *Journal of Physics: Conference Series*, 1032(1), 12012. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1032/1/012012>
- Alam, I., Rehman, J. ur, Ahmad, N., Nazir, A., Hameed, A., & Hussain, A. (2020). An overview on the concentration of radioactive elements and physiochemical analysis of soil and water in Iraq. *Rev. Environ. Health*, 35(2), 147–155. <https://doi.org/doi:10.1515/reveh-2019-0070>

- Alfarrah, N., & Walraevens, K. (2018). Groundwater overexploitation and seawater intrusion in coastal areas of arid and semi-arid regions. *Water (Switzerland)*, 10(2).
<https://doi.org/10.3390/w10020143>
- Anders, I., Stagl, J., Auer, I., & Pavlik, D. (2014). Climate Change in Central and Eastern Europe. In S. Rannow & M. Neurebert (Eds.), *Managing Protected Areas in Central and Eastern Europe Under Climate Change* (Vol. 58, pp. 17–30). Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-94-007-7960-0>
- Bayani Cardenas, M. (2015). Hyporheic zone hydrologic science: A historical account of its emergence and a prospectus. *Water Resources Research*, 51(5), 3601–3616. <https://doi.org/10.1002/2015WR017028>
- Benjamin, M. M. (2015). *Water Chemistry*. Waveland Press.
- Billaud, M., Seneca, F., Tambutté, E., & Czerucka, D. (2022). An Increase of Seawater Temperature Upregulates the Expression of *Vibrio parahaemolyticus* Virulence Factors Implicated in Adhesion and Biofilm Formation. *Frontiers in Microbiology*, 13(March), 1–10.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.840628>
- Briffa, J., Sinagra, E., & Blundell, R. (2020). Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 6(9), e04691.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691>
- Brunner, P., Therrien, R., Renard, P., Simmons, C. T., & Franssen, H. J. H. (2017). Advances in understanding river-groundwater interactions. *Reviews of Geophysics*, 55(3), 818–854.
<https://doi.org/10.1002/2017RG000556>

- Burri, N. M., Weatherl, R., Moeck, C., & Schirmer, M. (2019). A review of threats to groundwater quality in the anthropocene. *Science of The Total Environment*, 684, 136–154. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.236>
- Camara, M., Jamil, N. R., & Abdullah, A. F. Bin. (2019). Arazi kullanımlarının su kalitesi üzerindeki etkisi Malezya: bir inceleme - Impact of land uses on water quality in Malaysia: a review. *Ecological Processes*, 8(1).
- Cumberland, S. A., Douglas, G., Grice, K., & Moreau, J. W. (2016). Uranium mobility in organic matter-rich sediments: A review of geological and geochemical processes. *Earth-Science Reviews*, 159, 160–185. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.05.010>
- Daniels, N. A., MacKinnon, L., Bishop, R., Altekruise, S., Ray, B., Hammond, R. M., Thompson, S., Wilson, S., Bean, N. H., Griffin, P. M., & Slutsker, L. (2000). *Vibrio parahaemolyticus* infections in the United States, 1973-1998. *The Journal of Infectious Diseases*, 181(5), 1661–1666. <https://doi.org/10.1086/315459>
- Diersing, N. (2009). Water Quality: Frequently Asked Questions. Florida Keys National Marine Sanctuary. <http://floridakeys.noaa.gov/scisummaries/wqfaq.pdf>
- Hassaan, M. A., & El Nemr, A. (2020). Pesticides pollution: Classifications, human health impact, extraction and treatment techniques. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(3), 207–220. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.08.007>
- Hussein, Z. A. (2019). Assessment of Natural Radioactivity Levels and Radiation Hazards for Soil Samples Used in Erbil Governorate, Iraqi Kurdistan. *Aro-the Scientific Journal of Koya University*, 7(1), 34. <https://doi.org/10.14500/aro.10471>

- Johnson, D. L., Ambrose, S. H., Bassett, T. J., Bowen, M. L., Crummey, D. E., Isaacson, J. S., Johnson, D. N., Lamb, P., Saul, M., & Winter-Nelson, A. E. (1997). Meanings of Environmental Terms. *Journal of Environmental Quality*, 26(3), 581–589. <https://doi.org/https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600030002x>
- Kammoun, S., Trabelsi, R., Re, V., & Zouari, K. (2021). Coastal Aquifer Salinization in Semi-Arid Regions: The Case of Grombalia (Tunisia). *Water*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/w13020129>
- Khatri, N., & Tyagi, S. (2015). Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas. *Frontiers in Life Science*, 8(1), 23–39. <https://doi.org/10.1080/21553769.2014.933716>
- Kinuthia, G. K., Ngure, V., Beti, D., Lugalia, R., Wangila, A., & Kamau, L. (2020). Levels of heavy metals in wastewater and soil samples from open drainage channels in Nairobi, Kenya: community health implication. *Scientific Reports*, 10(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65359-5>
- Koskei, E. C., Kotut, K., Nyaga, J. M., & Oduor, S. O. (2019). Temporal variation in physico-chemical characteristics, phytoplankton composition and biomass in Lake Solai, Kenya. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:208975650>
- Kumar, S., Singh, A., & Shrestha, D. P. (2016). Modelling spatially distributed surface runoff generation using SWAT-VSA: a case study in a watershed of the north-west Himalayan landscape. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(4), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0249-9>

- Levallois, P., & Villanueva, C. M. (2019). Drinking water quality and human health: An editorial. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 16, Issue 4). <https://doi.org/10.3390/ijerph16040631>
- Masi, F., Rizzo, A., & Regelsberger, M. (2018). The role of constructed wetlands in a new circular economy, resource oriented, and ecosystem services paradigm. *Journal of Environmental Management*, 216, 275–284. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.086>
- Mateo-Sagasta, J., Zadeh, S.M., Turrall, H., Burke, J. (2017). Water Pollution from Agriculture: A Global Review. *The Food and Agricultural Organization.*, 1–35.
- Mazierski, J., & Kostecki, M. (2023). Impact of the heated water discharge on the water quality in a shallow lowland dam reservoir. *Archives of Environmental Protection*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:236994890>
- McGrane, S. J. (2016). Impacts of urbanisation on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: a review. *Hydrological Sciences Journal*, 61(13), 2295–2311. <https://doi.org/10.1080/02626667.2015.1128084>
- Müller, A., Österlund, H., Marsalek, J., & Viklander, M. (2020). The pollution conveyed by urban runoff: A review of sources. *Science of The Total Environment*, 709, 136125. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136125>

- Muttaqin, E., Kamal, M. M., Hariyadi, S., Pardede, S., Tarigan, S. A., & Campbell, S. G. (2014). ECOLOGICAL IMPACT OF BLEACHING EVENT 2010 IN NORTHERN ACEH. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:131781072>
- Omer, N. (2019). Water Quality Parameters. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.77531>
- Payus, C., Ann Huey, L., Adnan, F., Besse Rimba, A., Mohan, G., Kumar Chapagain, S., Roder, G., Gasparatos, A., & Fukushi, K. (2020). Impact of Extreme Drought Climate on Water Security in North Borneo: Case Study of Sabah. *Water*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/w12041135>
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pedoman Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, 1 Sekretariat Negara Republik Indonesia 483 (2021). <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>
- Polat, H. E., & Olgun, M. (2018). Water pollution from livestock wastes and required strategies in efforts to adapt to European Union. *International Water Association*, 18(22), 1–9. <https://www.researchgate.net/publication/325286137>
- Rejah, B. K., Alameer, N. K. A., Kadim, W. H., & Murad, S. T. M. (2018). Estimate Level of Radon Concentration for Drinking Water in Some Regions of Baghdad City. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43(7), 3831–3835. <https://doi.org/10.1007/s13369-018-3082-9>
- Riedel, T., & Weber, T. K. D. (2020). Review: The influence of global change on Europe's water cycle and groundwater recharge. *Hydrogeology Journal*, 28(6), 1939–1959. <https://doi.org/10.1007/s10040-020-02165-3>

- Schmadel, N. M., Ward, A. S., Lowry, C. S., & Malzone, J. M. (2016). Hyporheic exchange controlled by dynamic hydrologic boundary conditions. *Geophysical Research Letters*, 43(9), 4408–4417. <https://doi.org/10.1002/2016GL068286>
- Schoonover, J. E., & Crim, J. F. (2015). An Introduction to Soil Concepts and the Role of Soils in Watershed Management. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 154(1), 21–47. <https://doi.org/10.1111/j.1936-704x.2015.03186.x>
- Sophocleous, M. (2002). Interactions between groundwater and surface water: the state of the science. *Hydrogeology Journal*, 10(1), 52–67. <https://doi.org/10.1007/s10040-001-0170-8>
- Susilawati, S. (2021). DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP KESEHATAN. *Electronic Journal Scientific of Environmental Health And Disease*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:243817949>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2008). *Water Quality for Ecosystem and Human Health (Second, Issue 3)*. UNEP GEMS.
- United States Environmental Protection Agency (EPA). (1996). News-Notes. NPS Information Exchange, 45, 16–20. <https://www.epa.gov/nps/nonpoint-source-news-notes-issue-45-junejuly-1996>
- Vardhan, K. H., Kumar, P. S., & Panda, R. C. (2019). A review on heavy metal pollution, toxicity and remedial measures: Current trends and future perspectives. *Journal of Molecular Liquids*, 290, 111197. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.111197>
- Wali, S. U., Umar, K. J., Abubakar, S. D., Ifabiyi, I. P., Dankani, I. M., Shera, I. M., & Yauri, S. G. (2019). Hydrochemical characterization of shallow and deep groundwater in Basement Complex areas of southern Kebbi State, Sokoto Basin, Nigeria. *Applied Water Science*, 9(8), 169. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1042-5>

- World Bank. (2020). Investing in Opportunity, Ending Poverty; World International Bank for Reconstruction and Development (IBRD). World Bank. <https://www.worldbank.org/en/about/annual-report>
- Wuana, R. A., & Okieimen, F. E. (2011). Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. *ISRN Ecology*, 2011, 402647. <https://doi.org/10.5402/2011/402647>
- Yang, N., Men, B. H., & Lin, C. K. (2011). Impact analysis of climate change on water resources. *Procedia Engineering*, 24, 643–648. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2710>
- Zaharescu, D. G., Burghelea, C. I., Dontsova, K., Presler, J. K., Hunt, E. A., Domanik, K. J., Amistadi, M. K., Sandhaus, S., Munoz, E. N., Gaddis, E. E., Galey, M., Vaquera-Ibarra, M. O., Palacios-Menendez, M. A., Castrejón-Martinez, R., Roldán-Nicolau, E. C., Li, K., Maier, R. M., Reinhard, C. T., & Chorover, J. (2019). Ecosystem-bedrock interaction changes nutrient compartmentalization during early oxidative weathering. *Scientific Reports*, 9(1), 15006. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51274-x>

Profil Penulis



Safrudin Tolinggi, SKM., M.KL

Lahir di Gorontalo pada tanggal 21 Maret 1989. Lulus Pendidikan S1 pada Program Studi Kesehatan Masyarakat Universitas Negeri Gorontalo (FIKK-UNG) tahun 2011, lulus pendidikan S2 pada Program Magister Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga (FKM-UNAIR) tahun 2014. Saat ini, penulis merupakan Dosen di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Gorontalo dan mengampuh mata kuliah Pengolahan limbah B3 dan Toksikologi Industri. Penulis pernah mengikuti berbagai pelatihan dibidang monitoring kualitas lingkungan dan EHRA (Environmental Health Risk Assessment) tahun 2013, mitigasi bencana tahun 2014, dan pelatihan AMDAL di PSLH-UGM tahun 2017. Selain aktif sebagai pengajar dan peneliti, penulis pernah menjadi konsultan program manager untuk program nasional percepatan penurunan stunting di Provinsi Gorontalo tahun 2022. Saat ini, penulis aktif sebagai konsultan pembangunan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Bidang Cipta Karya Dinas PUPR Kabupaten Gorontalo sejak tahun 2020. Selain aktif sebagai dosen sekaligus konsultan, penulis juga menulis buku dengan harapan dapat memperkaya sumber referensi mahasiswa terkait isu lingkungan dan kesehatan masyarakat secara global.

Email Penulis : safrudin.tolinggi@gmail.com

PERENCANAAN SUMBER DAYA AIR

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

Pendahuluan

Membahas mengenai sumber daya air berarti kita membahas air, sumber air dan daya air yang terkandung didalamnya. Dimana air bisa berasal dari air hujan, air permukaan, air tanah dan air laut yang berada di daratan. Sedangkan sumber air adalah wadah air baik alami maupun buatan yang dapat berada pada permukaan, diatas maupun dibawah permukaan tanah. Potensi yang terkandung di dalam air baik memberikan manfaat atau dapat menyebabkan kerugian bagi kehidupan dan penghidupan manusia serta lingkungannya disebut daya air.

Sampai saat ini sumber daya air dimanfaatkan oleh manusia dalam segala aspek kehidupannya. Air digunakan untuk sumber air bersih dan air minum, pemenuhan kebutuhan air irigasi, transportasi, sumber energi.

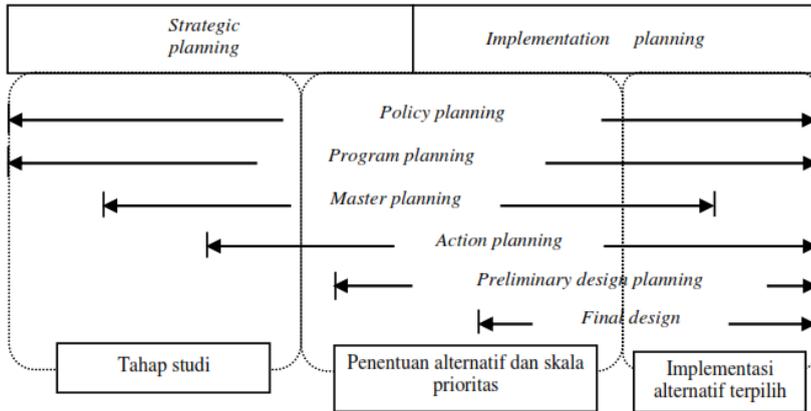
Dasar-Dasar Perencanaan Sumber Daya Air

Perencanaan adalah suatu proses kegiatan menentukan tindakan yang akan dilakukan secara terkoordinasi dan terarah dalam rangka mencapai tujuan pengelolaan sumber daya air.

Proses perencanaan umumnya melalui langkah-langkah:

1. Identifikasi masalah atau bisa juga identifikasi sasaran/tujuan yang ditargetkan
2. Pengumpulan data primer dan sekunder
3. Penentuan metode yang akan dipakai (kajian pustaka)
4. Investigasi, analisis atau kajian
5. Penentuan solusi dengan berbagai alternatif
6. Penentuan skala prioritas
7. Pemilihan alternatif.

Untuk kesuksesan suatu proses maka perlu ada suatu konsep strategi dan implementasi perencanaan yang jelas. Strategi perencanaan mengakomodasi rencana mendesak, rencana jangka pendek, rencana jangka menengah dan rencana jangka panjang. Salah satu contoh tingkatan perencanaan dapat dilihat pada Gambar 10.1



Gambar 10.1 Tingkatan Perencanaan

Pengelolaan sumber daya air adalah upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air. Rencana pengelolaan sumber daya air adalah hasil perencanaan secara menyeluruh dan terpadu yang diperlukan untuk menyelenggarakan pengelolaan sumber daya air. Perencanaan pengelolaan sumber daya air disusun untuk menghasilkan rencana yang berfungsi sebagai pedoman dan arahan dalam pelaksanaan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air. Perencanaan pengelolaan sumber daya air dilaksanakan berdasarkan asas:

1. Asas kemanfaatan umum mengandung pengertian bahwa pengelolaan sumber daya air dilaksanakan untuk memberikan manfaat sebesar-besarnya bagi kepentingan umum.
2. Asas keterjangkauan mengandung pengertian bahwa dalam pengelolaan sumber daya air, ketersediaan air harus dapat dijangkau setiap individu, baik secara lokasi maupun secara ekonomi.

3. Asas keadilan mengandung pengertian bahwa pengelolaan sumber daya air
4. dilakukan secara merata ke seluruh lapisan masyarakat di wilayah tanah air
5. sehingga setiap warga negara berhak memperoleh kesempatan yang sama untuk berperan dalam pengelolaan sumber daya air dan menggunakan sumber daya air.
6. Asas keseimbangan mengandung pengertian bahwa pengelolaan sumber daya air harus memperhatikan keseimbangan antara fungsi sosial, fungsi lingkungan hidup, dan fungsi ekonomi.
7. Asas kemandirian mengandung pengertian bahwa pengelolaan sumber daya air dilakukan dengan mengoptimalkan sumber daya nasional.
8. Asas kearifan lokal mengandung pengertian bahwa dalam pengelolaan sumber daya air harus memperhatikan nilai-nilai luhur yang berlaku dalam tata kehidupan masyarakat.
9. Asas wawasan lingkungan mengandung pengertian bahwa dalam pengelolaan sumber daya air memperhatikan keseimbangan ekosistem dan daya dukung lingkungan.
10. Asas kelestarian mengandung pengertian bahwa pendayagunaan sumber daya air diselenggarakan dengan menjaga keberadaan fungsi sumber daya air secara berkelanjutan.
11. Asas keberlanjutan mengandung pengertian bahwa pengelolaan sumber daya air tidak hanya ditujukan untuk kepentingan generasi sekarang tetapi juga ditujukan untuk kepentingan generasi yang akan datang.

12. Asas keterpaduan dan keserasian mengandung pengertian bahwa pengelolaan
13. sumber daya air dilakukan secara terkoordinasi dan terpadu dengan melibatkan semua pemangku kepentingan antarsektor dan antar wilayah administratif serta mewujudkan keserasian untuk berbagai kepentingan dengan memperhatikan sifat alamiah air yang dinamis.
14. Asas transparansi dan akuntabilitas mengandung pengertian bahwa pengelolaan sumber daya air dilakukan secara terbuka dan dapat dipertanggungjawabkan.

Perencanaan dan Pengelolaan Sumber Daya Air

Perencanaan dan pengelolaan sumber daya air adalah proses yang digunakan untuk mengatur, mengelola, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya air. Hal ini termasuk perencanaan, pengelolaan, dan pengawasan sumber daya air untuk menjamin ketersediaan air yang cukup dan kualitas air yang baik untuk kebutuhan manusia dan lingkungan.

Perencanaan sumber daya air meliputi identifikasi sumber daya air yang tersedia, analisis kebutuhan air, dan penentuan prioritas penggunaan air. Ini juga melibatkan pengembangan rencana aksi untuk menjamin ketersediaan air yang cukup dan kualitas air yang baik dalam jangka panjang.

Pengelolaan sumber daya air meliputi pemantauan kualitas air, pengendalian pencemaran, pengelolaan air bersih dan air limbah, dan pengelolaan air untuk irigasi, pembangkit listrik, dan industri. Ini juga melibatkan pengembangan program konservasi air untuk mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi penggunaan air

Pengawasan sumber daya air meliputi pengawasan pemakaian air, pengawasan kualitas air, dan pengawasan pencemaran air. Ini juga melibatkan pengembangan program pengawasan yang efektif untuk menjamin ketersediaan air yang cukup dan kualitas air yang baik bagi masyarakat dan lingkungan.

Perencanaan dan pengelolaan sumber daya air meliputi beberapa tahap, di antaranya:

1. Identifikasi masalah: Identifikasi masalah-masalah yang terkait dengan sumber daya air seperti kekurangan air, kualitas air yang buruk, dan masalah-masalah lainnya.
2. Analisis situasi: Analisis situasi yang terkait dengan sumber daya air, termasuk analisis ketersediaan air, kualitas air, dan pemakaian air.
3. Penentuan tujuan: Penentuan tujuan yang ingin dicapai dalam perencanaan dan pengelolaan sumber daya air.
4. Penyusunan rencana: Penyusunan rencana perencanaan dan pengelolaan sumber daya air, termasuk pengembangan proyek-proyek yang diperlukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan.
5. Pelaksanaan: Pelaksanaan proyek-proyek yang diperlukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan, termasuk pengembangan infrastruktur, pengelolaan air, dan pengelolaan kualitas air.
6. Monitoring dan evaluasi: Monitoring dan evaluasi terhadap pelaksanaan proyek-proyek yang diperlukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan, termasuk pengukuran kinerja, analisis masalah, dan perbaikan.

Tujuan dari perencanaan dan pengelolaan sumber daya air adalah untuk menjamin ketersediaan air yang cukup, baik dalam kuantitas maupun kualitas, untuk kebutuhan manusia, industri, pertanian, dan lingkungan.

Kelebihan dari perencanaan dan pengelolaan sumber daya air meliputi ;

1. Ketersediaan air yang cukup: Memastikan bahwa semua masyarakat memiliki akses terhadap air yang cukup untuk kebutuhan dasar seperti minum, mandi, dan mencuci.
2. Kualitas air yang baik: Memastikan bahwa air yang digunakan aman untuk dikonsumsi dan tidak mengandung bahan-bahan berbahaya.
3. Perlindungan lingkungan: memastikan bahwa pengelolaan sumber daya air tidak merusak lingkungan dan memenuhi standar lingkungan yang berlaku.
4. Efisiensi pemakaian air: memastikan bahwa air digunakan secara efisien dan tidak terbuang sia-sia.
5. Adaptasi perubahan iklim: memastikan perencanaan dan pengelolaan sumber daya air yang adaptif terhadap perubahan iklim, seperti perubahan curah hujan, peningkatan suhu dan perubahan tata air.
6. Pembangunan ekonomi: memastikan bahwa perencanaan dan pengelolaan sumber daya air mendukung Pembangunan ekonomi, seperti pertumbuhan industri, pertanian dan pariwisata.

Kekurangan perencanaan dan pengelolaan sumber daya air meliputi:

1. Biaya yang tinggi: perencanaan dan pengelolaan sumber daya air dapat membutuhkan biaya yang tinggi, misalkan untuk pembangunan proyek-proyek sumber daya air yang besar.
2. Peraturan yang kompleks: perencanaan dan pengelolaan sumber daya air dapat menghadapi peraturan yang kompleks dan beragam di setiap daerah dan negara.
3. Keterbatasan data: Perencanaan dan pengelolaan sumber daya air dapat menghadapi keterbatasan mengumpulkan series data hidrometeorologi yang cukup dan akurat.
4. Konflik kepentingan: perencanaan dan pengelolaan sumber daya air dapat menghadapi konflik kepentingan yang timbul dari berbagai pihak yang terkait dengan sumber daya air seperti: masyarakat, industri dan pemerintah.

Perencanaan pengembangan Sumber Daya Air diawali dengan merangkum kebutuhan masyarakat yang dianalisis terhadap berbagai aspek untuk mencapai sasaran dan tujuan kebutuhan masyarakat pengguna sumber daya air dengan hasil seoptimal mungkin. Aspek tersebut dikelompokkan menjadi 4 tahapan yaitu tahapan studi, tahapan perencanaan, tahapan pelaksanaan, dan tahapan operasi dan pemeliharaan. Didalam empat tahapan tersebut ada berbagai macam aktivitas yang dilaksanakan. Secara makro rekayasa dan tahapan meliputi aktivitas seperti tertera dibawah ini

1. Ide atau Sasaran/Tujuan yang akan dicapai

Pada Kegiatan ini seseorang, badan, Perusahaan swasta maupun pemerintah mendapatkan suatu ide yang baru. Pada kegiatan ini seseorang, badan, perusahaan swasta ataupun pemerintah

mendapatkan suatu ide yang baru. Misalnya ide membuat waduk, pengendalian

banjir, PLTA, mendirikan pabrik, usaha ril estat dan sebagainya. Ide tidak harus selalu membangun suatu konstruksi (kegiatan fisik). Bisa juga dilakukan dengan kegiatan-kegiatan non fisik, misalnya: untuk pengendalian banjir bisa dilakukan dengan pengelolaan vegetasi yang baik dan benar.

2. Pra-studi Kelayakan

Dalam kegiatan ini ide diterjemahkan dalam bentuk analisis dengan tujuan “apakah ide itu bisa ditindaklanjuti dengan analisis yang lebih detail”. Di dalam kegiatan ini analisis yang dilakukan meliputi aspek teknis (engineering), aspek ekonomi, aspek sosial aspek hukum, aspek kelembagaan dan aspek lingkungan (istilah umum yang dipakai adalah AMDAL). Dengan data yang belum detail yang dikumpulkan maka pra-studi dilakukan. Hasil pr-studi dengan melakukan kajian dan analisis dari berbagai aspek tersebut akan muncul ide tersebut "apakah layak atau tidak layak?" disertai rekomendasi dan alternatif yang dimunculkan. Umumnya dalam periode keseluruhan aktivitas akan muncul laporan-laporan:

- a. Laporan Pendahuluan: berisi kegiatan persiapan, rencana kerja, jadual pelaksanaan, daftar dan jadual personil yang terlibat, daftar dan jadual peralatan, metode yang akan dipakai.

- b. Laporan Tengahan: berisi kegiatan yang telah dilakukan selama pertengahan waktu dari jadwal proyek. Biasanya pengumpulan data primer dan sekunder dicantumkan di sini. Analisis dan perhitungan yang bisa dilakukan dapat dimasukkan ke dalam laporan ini untuk didiskusikan; kemungkinan adanya perubahan-perubahan dalam formula, metode ataupun kegiatan yang masih lrarus dilakukan.
- c. Laporan Akhir: berisi semua aktivitas yang telah dilakukan serta analisis dan perhitungan, termasuk hasilnya. Umumnya sebelum dibuat laporan akhir terlebih dahulu dibuat konsep laporan akhir untuk didiskusikan agar didapatkan kata sepakat.
- d. Laporan bulanan: berisi aktivitas yang dilakukan bulan lalu dan rencana kegiatan yang akan datang, baik menyangkut jadwal pelaksanaan, personil yang terlibat, alat dan material yang dipakai, aktivitas yang telah dilakukan hasilnya.

Pada tahap pra-studi kelayakan, lokasi yang terpilih belum spesifik artinya ada kemungkinan alternatif lokasi yang berbeda pada tahap berikutnya (studi kelayakan).

3. Studi Kelayakan

Berdasarkan rekomendasi yang dikeluarkan pada prastudi kelayakan selanjutnya dilakukan studi kelayakan. Pada tahapan ini data primer dan sekunder dikumpulkan secara lengkap sehingga analisis teknis, ekonomi, sosial dan lingkungan dapat dilakukan lebih detail. Dari studi ini muncul juga berbagai alternatif dan rekomendasi yang sudah dikaji secara mendalam. Lokasi yang terpilihpun

sudah lebih spesifik dibandingkan dengan lokasi pada waktu prastudi kelayakan.

Layak teknis berarti ide tersebut dapat diwujudkan dengan aspek-aspek teknis termasuk teori, metode, dan pola pembangunannya dan aspek-aspek non teknis misalnya pengaturan pola tanam, penghijauan dll. Parameter kelayakan teknis untuk setiap bangunan akan berlainan, misal parameter untuk kelayakan teknis pembangunan waduk berlainan dengan parameter pembangunan gedung. Demikian juga dengan parameter non-teknis.

Layak ekonomi biasanya ditunjukkan dengan parameter-parameter *Benefit*

Cost ratio (BCR), Internal Rate of return (IRR) dan Net Present Value (NPV). Angka layak bila $BCR > 1$, IRR melebihi tingkat suku bunga yang berlaku dan NPV bernilai positif.

Layak dalam aspek sosial umumnya berkaitan dengan masyarakat dari berbagai lapisan terutama yang terkena dampak langsung maupun tidak langsung akibat adanya aktifitas/proyek yang akan dibuat. Berbagai analisis sosial perlu dilakukan yang pada intinya mempunyai tujuan untuk dapat melihat dan mengetahui bahwa proyek ini memberikan manfaat bagi Masyarakat sekitar atau stakeholders lainnya dan tidak akan menimbulkan kerugian sosial atau bila terjadi dapat diminimalisis.

Layak budaya berkaitan dengan adat-istiadat, kearifan lokal, sifat dan karakter masyarakat. Hak ulayat masyarakat hukum adat setempat dan hak yang serupa dengan itu tetap menjadi bagian penting dari kajian kelayakan budaya. Unsur-unsur yang penting dalam kajian kelayakan budaya adalah unsur masyarakat adat, unsur wilayah, unsur hubungan antara masyarakat tersebut dengan wilayahnya.

Layak dalam aspek hukum dan kelembagaan yaitu bahwa kegiatan yang akan dibuat sudah sesuai dengan perundangan atau petaturan yang berlaku. Bahkan dalam kajian aspek ini dimungkinkan kegiatan dijadikan peraturan khusus sebagai bentuk kepastian hukum. Kajian kelembagaan dilakukan untuk mengetahui apakah diperlukan kelembagaan baru akibat adanya kegiatan yang akan dibuat ini dan bagaimana hubungan kelembagaan yang baru ini dengan kelembagaan yang sudah ada. Kajian ini juga dapat mengetahui sampai sejauh mana kelembagaan yang ada mampu mengelola kegiatan yang akan dibuat.

Layak secara lingkungan berarti bahwa proyek tidak menyebabkan terjadinya degradasi lingkungan. Khusus untuk aspek lingkungan, analisis dan kajiannya harus mengacu pada peraturan yang berlaku yang telah dibuat oleh suatu badan yang disebut Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) baik mulai dari Pusat (badan ini menjadi satu dengan Kementrian Lingkungan Hidup), Provinsi dan Kabupaten/Kota.

4. Seleksi Perancangan

Hasil rekomendasi dari studi kelayakan menyodorkan beberapa alternatif dengan segala aspek-aspek teknis (maupun non teknis), ekonomis, sosial budaya, hukum kelembagaan dan lingkungan secara detail. Pada tahapan ini akan dilakukan seleksi perancangan dengan berbagai pertimbangan baik dukungan maupun kendala yang ada. Contoh untuk dukungan : adanya kesiapan dana yang cukup, dukungan dari unsur pemerintah dan para pihak lainnya. Contoh untuk kendala: misal terbatasnya sumber dana, lahan ataupun kendala dari sudut lingkungan (AMDAL). Perlu diingat bahwa

kendala ini, kelebihan, prioritas dan hal-hal lain yang terkait, telah diungkapkan pada studi kelayakan. Pada tahap ini pemilik (*Owner*) dan pelaku perencana memutuskan untuk memilih satu alternatif untuk dibuatkan detail desainnya (untuk pelaksanaan fisik) maupun program-program kegiatannya (untuk pelaksanaan non fisik).

5. Detail Desain

Pada alternatif yang terpilih, detail desain dibuat dengan menyangkut aspek-aspek:

- a. Teknis: kekuatan dari bangunan ditinjau dari semua bidang keilmuan yang terkait, seperti topografi, geologi, mekanika tanah, hidrologi dan lain sebagainya. Dari hasil analisis perhitungan dengan formula, kriteria, standar, jenis dan bahan konstruksi akan muncul gambar desain yang lengkap dan kebutuhan data primer dan sekunder. Data ini hanya yang berhubungan dengan alternatif terpilih menyangkut situasi, lokasi baik lokal maupun regional, kondisi topografi, kondisi tanah dan tipe bangunan. Jadi bila pada studi kelayakan data yang didapatkan digunakan untuk menentukan beberapa alternatif tetapi pada tahapan desain ini hanya data yang berhubungan langsung dengan alternatif terpilih yang bisa diwujudkan dalam bentuk fisik bangunan.
- b. Ekonomis: yaitu menentukan desain yang paling ekonomis menyangkut jenis
- c. bahan yang dipakai, jenis konstruksi dan sebagainya dengan harus tetap memenuhi syarat seperti yang telah dibuat dalam aspek teknis. Perhitungan

- d. Volume (Bill of Quantity) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pelaksanaan fisik juga dilakukan pada tahapan ini.
- e. Metode pelaksanaan: untuk mendapatkan hasil fisik yang memenuhi aspek teknis maka para perencana juga membuat metode pelaksanaan yang harus dilakukan oleh para pelaksana (kontraktor). Dari sini nantinya akan muncul Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) pelaksanaan fisiknya. Prinsipnya, hasil tahapan detail desain ini berupa gambar-gambar rencana yang sangat lengkap disertai dengan RKS, BQ dan RAB.

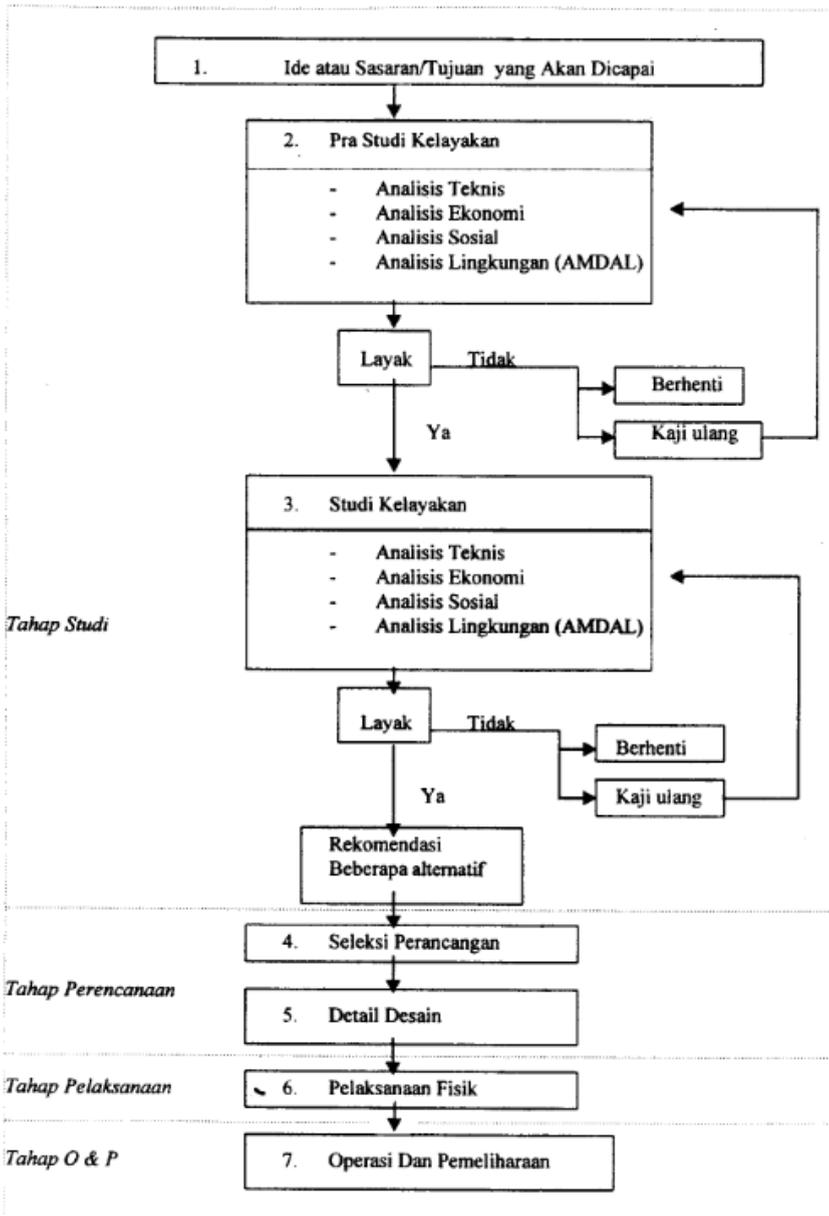
6. Pelaksanaan Fisik

Pada tahapan ini gambar detail desain diwujudkan dalam bentuk fisik. Para pelaku pembangunan (kontraktor) harus mematuhi gambar kerja, RKS dan ketentuan-ketentuan lain yang ditetapkan oleh direksi. Ada kalanya pada tahap ini ada beberapa desain yang tidak bisa diwujudkan karena, misalnya, kondisi site yang berubah akibat cukup lamanya tenggang waktu antara perencanaan dan pelaksanaan. Oleh karena itu dimungkinkan untuk diadakan suatu kajian ulang desain yang dilaksanakan.

7. Operasi dan Pemeliharaan

Sesudah pelaksanaan fisik selesai maka bangunan yang telah dibuat dioperasikan (dipakai) dan dipelihara sesuai dengan umur bangunan yang direncanakan.

Secara skematis kegiatan-kegiatan di atas dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 10.2 Tahapan Kegiatan suatu proyek pembangunan

Tahapan kegiatan diatas bisa sebagai acuan dasar didalam perencanaan pengelolaan sumber daya air, namun kadangkala realisasi di lapangan diperlukan sedikit modifikasi untuk disesuaikan dengan tingkat kesulitan (kompleksitas) dari suatu perencanaan PSDA.

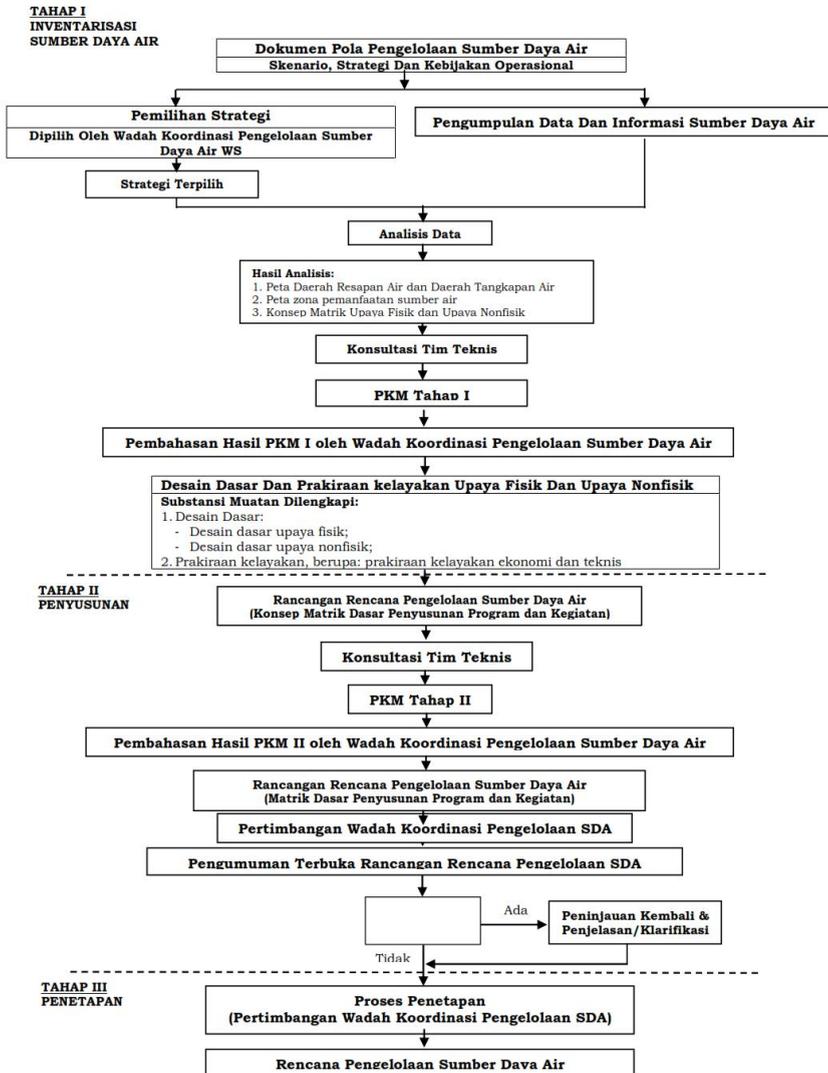
Rancangan rencana pengelolaan sumber daya air (SDA) disusun setelah pola pengelolaan sumber daya air pada wilayah sungai telah ditetapkan atau dalam proses penetapan. Hal tersebut dilakukan dengan pertimbangan bahwa tidak terjadi perubahan kondisi dan permasalahan pada wilayah sungai yang bersangkutan, jika sesuatu hal, misalnya terjadi bencana alam yang menyebabkan terjadinya perubahan kondisi wilayah sungai disertai dengan munculnya berbagai permasalahan baru pada wilayah sungai yang bersangkutan maka perlu dilakukan perbaikan atau revisi terhadap rancangan pola pengelolaan sumber daya air yang telah disusun.

Rancangan rencana pengelolaan sumber daya air disusun secara terpadu pada setiap wilayah sungai berdasarkan strategi pengelolaan sumber daya air yang dipilih dari alternatif strategi yang terdapat dalam pola pengelolaan sumber daya air. Strategi tersebut dipilih oleh wadah koordinasi pengelolaan sumber daya air pada wilayah sungai yang bersangkutan, tahapan ini merupakan langkah awal yang memiliki nilai strategis dalam penyusunan rencana pengelolaan sumber daya air. Berdasarkan uraian di atas maka secara umum tahapan yang ditetapkan dalam penyusunan rancangan rencana pengelolaan sumber daya air meliputi :

1. Inventarisasi sumber daya air;
2. Penyusunan; dan
3. Penetapan rencana pengelolaan sumber daya air.

Pada tahap inventarisasi sumber daya air dan tahap penyusunan rencana pengelolaan sumber daya air dilakukan secara terkoordinasi dengan instansi yang terkait, masyarakat dan dunia usaha melalui konsultasi publik untuk menjangkau masukan, permasalahan, dan/atau keinginan dari para pemilik kepentingan. Rancangan rencana pengelolaan sumber daya air yang telah dibahas, diserahkan kepada menteri, gubernur atau bupati/walikota sesuai dengan kewenangannya dalam pengelolaan wilayah sungai untuk ditetapkan.

Dengan mengingat ruang lingkup inventarisasi sumber daya air beserta analisis datanya mencakup berbagai sektor terkait sumber daya air serta proses penyusunannya yang melibatkan berbagai pihak yang berkepentingan maka diperlukan waktu maksimal 2 (dua) tahun untuk menyusun rencana pengelolaan sumber daya air. Setelah rancangan rencana pengelolaan sumber daya air ditetapkan, maka instansi yang berwenang sesuai dengan bidang tugasnya diharuskan melakukan sosialisasi kepada para pemilik kepentingan. Bagan alir tata cara penyusunan rencana pengelolaan sumber daya air diuraikan pada Gambar 10.3 berikut ini:



Gambar 10.3 Bagan Alir Tata Cara Penyusunan dan Prosedur Penetapan. Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air (sumber: Permen PUPR No 10 Tahun 2015)

Daftar Pustaka

- Kodoatie, Robert J & Syarief, Roestam,(2005).
Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu (Edisi Revisi).
Penerbit ANDI.
- Kodoatie, Robert J.(1995). Analisis Ekonomi Teknik.
Penerbit ANDI.
- Rencana dan rencana Teknis Tata Pengaturan Air dan
Tata pengairan, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum
dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor
10 Tahun 2015 (2015).
<https://peraturan.bpk.go.id/Details/159866/permen-pupr-no-10prtm2015-tahun-2015>.
- Sumber Daya Air, Undang Undang Republik Indonesia
Nomor 17 Tahun 2019 (2019).
<https://peraturan.bpk.go.id/Details/122742/uu-no-17-tahun-2019>.

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

TEKNIK OPTIMALISASI SUMBER DAYA AIR

Ir. Jemmy J. S. Dethan, MP
Universitas Kristen Artha Wacana Kupang

Mengapa Sumber Daya Air Perlu dioptimalkan?

Mengoptimalkan sumber daya air memiliki pentingnya yang sangat besar untuk menjaga kelangsungan hidup manusia dan keberlanjutan lingkungan. Upaya ini memerlukan pendekatan komprehensif yang mencakup teknologi, konservasi, kebijakan, dan dimensi sosial.

Keterbatasan ketersediaan air global semakin meningkat akibat faktor utama seperti perubahan iklim, yang mengakibatkan pola curah hujan yang tidak dapat diprediksi. Selain itu, pertumbuhan populasi yang cepat dan urbanisasi yang berlangsung mempercepat eksploitasi berlebihan terhadap sumber daya air, menyebabkan kekurangan air serius di banyak wilayah.

Mengatasi tantangan ini memerlukan upaya bersama untuk mengoptimalkan sumber daya air. Ini melibatkan manajemen sumber daya air dengan bijaksana untuk memaksimalkan manfaatnya tanpa mengorbankan keberlanjutan lingkungan.

Tujuan Optimalisasi Sumber Daya Air adalah

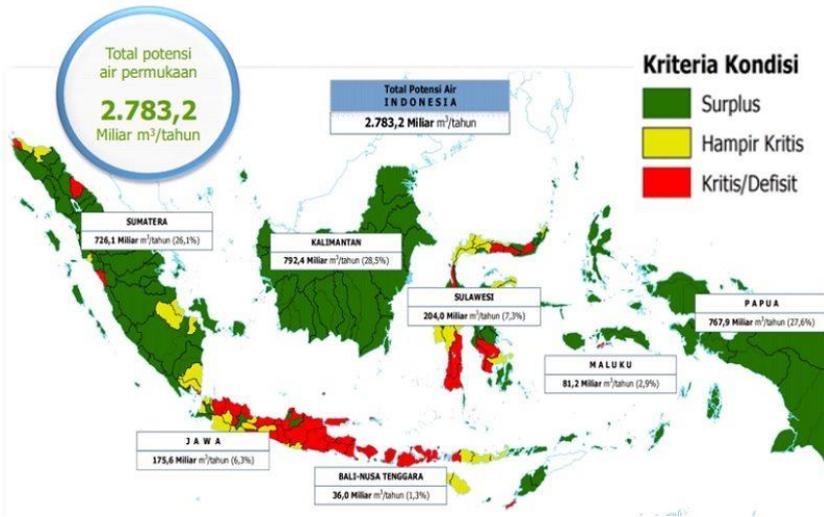
1. Meningkatkan Ketersediaan Air untuk Memenuhi Kebutuhan Manusia.
2. Mengurangi Penggunaan Air tanpa Mengurangi Kebutuhan Manusia.
3. Melestarikan Sumber Daya Air untuk Generasi Mendatang.

Prinsip Optimalisasi Sumber Daya Air

1. Prinsip Keberlanjutan dalam Optimalisasi Sumber Daya Air.
2. Prinsip Keadilan dalam Optimalisasi Sumber Daya Air.
3. Prinsip Efisiensi dalam Optimalisasi Sumber Daya Air.

Teknik Peningkatan Ketersediaan Air

1. Pengelolaan Sumber Air Permukaan: Pemerintah perlu memfasilitasi penyedia dan pengguna sumber daya air permukaan melalui produk hukum dan kebijakan penataan ruang untuk meningkatkan saling menguntungkan adalah terwujudnya fungsi sosial, lingkungan hidup, dan ekonomi yang tertib, serasi, dan terhindar dari bencana (Lukito et al., 2023),
2. Pengelolaan Sumber Air Bawah Tanah: Air bawah tanah adalah sumber penting. Teknik peningkatan ketersediaan air ini mencakup pemboran sumur dan pengelolaan yang bijak untuk mencegah eksploitasi berlebihan.



Gambar 11.1 Peta Ketersediaan Air Permukaan
 Sumber gambar: PUSLITBANG Sumber Daya Air (2016)
<https://www.studiobelajar.com/pengelolaan-sumber-daya-alam/>

Proses fisik utama dari siklus air tanah adalah infiltrasi air hujan ke dalam tanah, alirannya yang lambat di dalam batuan tembus air dari kerak bumi, yang disebut “akuifer”, dan akhirnya aliran alaminya ke mata air dan Sungai (Lachassagne, 2021).

3. Desalinasi: Desalinasi adalah proses mengubah air laut menjadi air tawar yang dapat digunakan. Teknologi ini penting di daerah yang kekurangan sumber daya air tawar.

DESALINATION

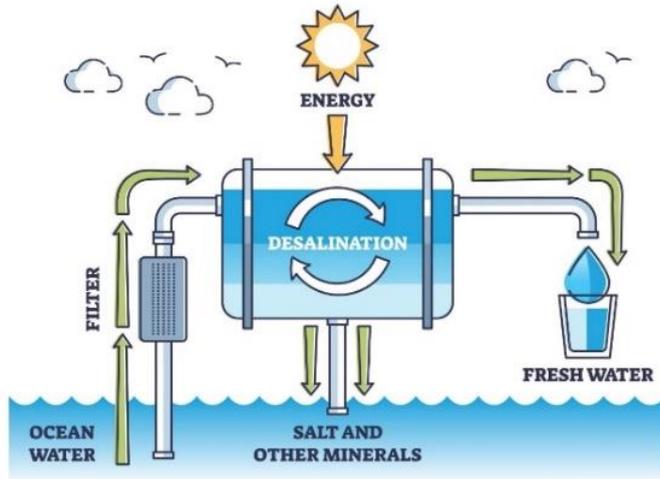


Image Credit: VectorMine/Shutterstock.com

<https://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=1474>

Proses desalinasi untuk mengolah air laut, air payau, dan air limbah semakin banyak digunakan untuk menyediakan sumber daya air yang penting bagi masyarakat (Sievers, 2011).

Secara umum, pengoperasian skala besar akan menghasilkan biaya air bersih yang lebih rendah namun hal ini mungkin tidak dapat diterapkan di semua skenario (Nair & Gude, 2022)

4. Manajemen Daerah Aliran Sungai: Populasi yang meningkat pesat dan tren terkait di lingkungan berkembang dan perkotaan, khususnya di Indonesia, berpotensi menimbulkan konflik karena semakin banyak pengguna yang mengklaim sumber daya air yang sama ((Bank, 2016)

Saat ini, tantangan utama yang dihadapi program pengelolaan daerah aliran sungai adalah bahwa manfaat yang paling penting, seperti fungsi

hidrologis, konservasi tanah, dan perlindungan daerah hilir terhadap banjir dan sedimentasi, tidak diberikan nilai pasar langsung (Thapa et al., 2020).

5. Pengelolaan Hujan: Mengumpulkan dan menyimpan air hujan melalui atap, kolam retensi, atau sistem lainnya dapat meningkatkan ketersediaan air dalam skala rumah tangga atau komunitas.
6. Recycle dan Reuse: Pengolahan air limbah dapat disesuaikan untuk memenuhi persyaratan kualitas air yang direncanakan untuk digunakan kembali. Air daur ulang untuk irigasi lanskap memerlukan lebih sedikit pengolahan dibandingkan air daur ulang untuk air minum (“Water Recycling and Reuse: The Environmental Benefits,” 2004).

Teknik Penghematan Air

1. Irigasi yang Efisien: Menggunakan sistem irigasi tetes atau irigasi yang dapat diatur secara otomatis dapat mengurangi pemborosan air dalam pertanian.
2. Teknologi Hemat Air: Industri dan rumah tangga dapat mengadopsi teknologi hemat air, seperti toilet dan keran hemat air, untuk mengurangi penggunaan air.
3. Konservasi Tanah: Praktek konservasi tanah, seperti penanaman tanaman penutup dan penghindaran erosi tanah, membantu tanah dapat menyerap dan menyimpan air lebih baik.
4. Penggunaan Tanaman yang Hemat Air: Pemilihan tanaman yang membutuhkan sedikit air untuk tumbuh adalah langkah penting dalam pertanian berkelanjutan.

5. **Pengelolaan Air Limbah:** Mengelola air limbah dengan baik dan mendaur ulang air limbah dapat mengurangi permintaan air bersih.
6. **Pendidikan dan Kesadaran Masyarakat:** Pendidikan masyarakat tentang pentingnya menghemat air, praktik penggunaan air yang bijak, dan perlunya mengurangi pemborosan adalah langkah penting dalam penghematan air.
7. **Sensor dan Teknologi Pemantauan:** Penggunaan sensor dan teknologi pemantauan dapat membantu dalam mendeteksi kebocoran dan mengelola penggunaan air dengan lebih efisien.
8. **Praktek Berkelanjutan dalam Industri:** Industri dapat mengadopsi praktek-produksi yang lebih bersih dan efisien dalam penggunaan air sebagai bagian dari tanggung jawab sosial dan keberlanjutan.

Pembangunan Waduk dan Bendungan

Pembangunan waduk dan bendungan merupakan tindakan yang penting dalam pengelolaan sumber daya air.

Aspek Lingkungan dalam Pembangunan Waduk dan Bendungan

1. **Sedimentasi:** Ketika air mengalir ke waduk atau bendungan, sedimen (tanah, pasir, dan lumpur) dapat mengendap di dalamnya.
2. **Intrusi Air Laut:** Jika waduk atau bendungan berdekatan dengan pantai, intrusi air laut menjadi masalah potensial.
3. **Dampak Hidrologis:** Pembangunan waduk dan bendungan dapat mengubah pola aliran sungai dan ekosistem sungai yang ada.

4. Dampak Sosial: Pemandangan penduduk yang tinggal di wilayah yang akan digenangi oleh waduk atau bendungan merupakan dampak sosial yang penting.
5. Pengaruh Terhadap Ekosistem: Perubahan lingkungan fisik seperti perubahan aliran air dan penurunan tingkat air sungai dapat memengaruhi ekosistem di sekitarnya.
6. Manajemen Air: Pengelolaan waduk dan bendungan yang baik melibatkan pengaturan aliran air untuk mengimbangi kebutuhan irigasi, pembangkit listrik, air minum, dan pelestarian lingkungan.

Aspek Teknis dalam Pembangunan Jaringan Irigasi

1. Kemiringan Lahan: Pembangunan jaringan irigasi memerlukan pemilihan lokasi yang tepat dan perencanaan kemiringan lahan yang sesuai. Kemiringan yang salah dapat menghambat aliran air atau menyebabkan erosi.
2. Jenis Tanah: Karakteristik tanah seperti tekstur, porositas, dan kemampuan retensinya harus diperhitungkan.
3. Curah Hujan: Curah hujan di wilayah tersebut harus dipertimbangkan dalam perencanaan.
4. Drainase: Sistem drainase yang efektif harus dipertimbangkan untuk menghindari penumpukan air yang berlebihan di area yang diirigasi.

Perencanaan dan Desain Jaringan Irigasi

1. Pemilihan Metode Irigasi: Pembangunan jaringan irigasi melibatkan pemilihan metode irigasi yang sesuai, seperti irigasi tetes, irigasi permukaan, atau irigasi sprinkler, berdasarkan jenis tanaman dan topografi wilayah.

2. **Perencanaan Kapasitas:** Kapasitas jaringan irigasi harus diperhitungkan agar mencukupi kebutuhan air tanaman sepanjang tahun. Ini melibatkan perhitungan volume air yang diperlukan dan pengaturan debit air yang sesuai.
3. **Penggunaan Teknologi:** Peralatan irigasi modern seperti pompa air, pengontrol otomatis, dan sensor kelembaban tanah dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air.
4. **Pengendalian Kualitas Air:** Pembangunan jaringan irigasi harus mempertimbangkan kualitas air yang digunakan. Air yang tercemar dapat merusak tanaman dan mengancam keberlanjutan pertanian.

Aspek Ekonomi dan Sosial

1. **Biaya Investasi:** Biaya pembangunan jaringan irigasi mencakup pembangunan fisik dan pemeliharaan jangka panjang. Sumber dana harus dipertimbangkan dan pengaturan keuangan yang tepat harus dilakukan.
2. **Partisipasi Masyarakat:** Melibatkan masyarakat setempat dalam perencanaan dan pengelolaan jaringan irigasi dapat meningkatkan penerimaan dan keberlanjutan proyek.
3. **Dampak Sosial:** Pembangunan jaringan irigasi dapat memiliki dampak sosial, seperti pemindahan penduduk atau perubahan mata pencaharian. Dampak ini harus dikelola dengan bijak dan adil.
4. **Keadilan:** Pemastian bahwa manfaat dari jaringan irigasi didistribusikan secara merata kepada seluruh petani dan komunitas lokal adalah penting untuk menjaga keadilan.

Pembangunan Sistem Penyediaan Air Minum

Pembangunan sistem penyediaan air minum adalah suatu usaha penting dalam memastikan masyarakat memiliki akses yang aman dan layak terhadap air minum. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yang diuraikan dari berbagai aspek:

Sumber Air

1. **Pemilihan Sumber Air:** Pemilihan sumber air yang sesuai adalah langkah awal dalam pembangunan sistem penyediaan air minum. Sumber air bisa berasal dari mata air alam, sungai, danau, atau air bawah tanah. Pemilihan sumber air harus memperhatikan kestabilan pasokan, kualitas air, dan dampak lingkungan.
2. **Perlindungan Sumber Air:** Upaya untuk melindungi sumber air dari pencemaran harus dilakukan. Ini mencakup pengawasan terhadap aktivitas manusia di sekitar sumber air dan perlindungan terhadap kerusakan alam yang dapat mengganggu pasokan air.

Instalasi Pengolahan Air

1. **Pengolahan Air:** Air dari sumber alam mungkin perlu diolah untuk memastikan bahwa itu aman untuk dikonsumsi. Proses pengolahan air termasuk penyaringan, desinfeksi, dan penghapusan zat-zat berbahaya seperti bakteri, virus, dan logam berat.
2. **Infrastruktur Pengolahan:** Pembangunan fasilitas pengolahan air yang tepat, termasuk instalasi perlengkapan seperti tangki penyimpanan dan sistem distribusi, sangat penting untuk memastikan air yang dihasilkan aman dan berkualitas.

Jaringan Distribusi Air

1. Desain Jaringan Distribusi: Jaringan distribusi air merupakan sistem pipa dan saluran yang mengirimkan air minum ke rumah-rumah dan bangunan di wilayah yang dilayani.
2. Kualitas Pipa dan Perawatan: Penggunaan pipa berkualitas tinggi dan perawatan yang teratur sangat penting untuk menjaga integritas sistem distribusi air dan mencegah kerusakan atau kebocoran.

Aspek Kualitas Air dan Kapasitas Pelayanan

1. Kualitas Air: Kualitas air yang dihasilkan dan disalurkan oleh sistem harus memenuhi standar kesehatan yang ditetapkan.
2. Kapasitas Pelayanan: Kapasitas pelayanan mengacu pada kemampuan sistem untuk memenuhi kebutuhan air minum masyarakat, termasuk saat pertumbuhan penduduk atau perubahan dalam pola konsumsi air.
3. Pelayanan Masyarakat: Selain memastikan air berkualitas, penyediaan layanan air minum juga harus memperhatikan pelayanan yang efisien, biaya yang terjangkau, dan akses yang merata bagi seluruh masyarakat, termasuk yang berada di daerah terpencil atau masyarakat miskin.
4. Kepatuhan Regulasi: Pembangunan sistem penyediaan air minum harus sesuai dengan regulasi dan standar yang berlaku, baik itu tingkat lokal, nasional, maupun internasional.

Sarana Pengolahan Air Limbah

1. Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal (IPAL): IPAL komunal adalah fasilitas pengolahan yang melayani beberapa rumah atau komunitas.
2. Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri (IPAL Industri): IPAL industri adalah fasilitas pengolahan yang digunakan oleh pabrik atau industri untuk mengolah air limbah.

Aspek Pengelolaan Air Limbah

1. Pemilihan Lokasi: Lokasi pembangunan IPAL harus dipilih dengan hati-hati agar tidak mencemari lingkungan sekitarnya. Jarak dari sumber air bersih dan pemukiman harus diperhatikan.
2. Desain Sistem: Desain sistem pengelolaan air limbah harus mempertimbangkan jenis limbah yang dihasilkan, volume limbah, serta tingkat pengolahan yang diperlukan untuk memenuhi standar lingkungan yang berlaku.
3. Pengumpulan dan Transportasi: Sistem pengumpulan air limbah harus dirancang untuk mengumpulkan limbah dari berbagai sumber, seperti rumah tangga, industri, dan komersial. Sistem transportasi yang efisien diperlukan untuk mengalirkan limbah ke IPAL.
4. Pengolahan Air Limbah: Proses pengolahan air limbah harus sesuai dengan jenis limbah yang diolah. Ini termasuk proses fisik, kimia, dan biologi untuk menghilangkan kontaminan seperti bakteri, bahan kimia berbahaya, dan zat-zat organik.

Aspek Lingkungan dan Perlindungan Sungai

1. Perlindungan Sungai dan Ekosistem: Salah satu tujuan utama sistem pengelolaan air limbah adalah melindungi sungai dan ekosistem air dari pencemaran.
2. Pengendalian Pencemaran: Sistem pengelolaan air limbah harus dilengkapi dengan fasilitas pengendalian pencemaran untuk mengawasi dan mengukur kualitas air limbah yang dibuang.

Aspek Kesehatan Masyarakat

1. Kesehatan Masyarakat: Pembangunan sistem pengelolaan air limbah yang efektif dapat membantu mencegah penyakit yang ditularkan melalui air, seperti diare dan kolera.
2. Partisipasi Masyarakat: Melibatkan masyarakat dalam perencanaan, implementasi, dan pemeliharaan sistem pengelolaan air limbah adalah penting untuk kesuksesan jangka panjang.
3. Kepatuhan Regulasi: Pembangunan sistem pengelolaan air limbah harus sesuai dengan peraturan dan standar yang berlaku di tingkat lokal, nasional, dan internasional.

Pemanfaatan Air Tanah

Pemanfaatan air tanah adalah praktik pengambilan air dari akuifer atau lapisan air bawah tanah untuk berbagai keperluan, seperti konsumsi manusia, pertanian, industri, dan lainnya. Berikut diuraikan berbagai aspek terkait pemanfaatan air tanah:

Sumber Air Tanah

1. **Akuifer:** Air tanah disimpan di dalam akuifer, lapisan batuan atau pasir yang mampu menyimpan air. Akuifer dapat berada di kedalaman yang berbeda di bawah permukaan tanah dan bervariasi dalam kapasitas penyimpanan airnya.
2. **Kualitas Air Tanah:** Kualitas air tanah dapat bervariasi tergantung pada lokasi geografis dan aktivitas manusia di sekitarnya.

Aspek Teknis dalam Pemanfaatan Air Tanah

1. **Pengambilan Air Tanah:** Teknik pengambilan air tanah melibatkan pengeboran sumur atau sumur gali untuk mencapai akuifer. Pompa air digunakan untuk mengekstrak air dari sumur tersebut.
2. **Pemantauan dan Pengukuran:** Sistem pemantauan dan pengukuran yang baik diperlukan untuk memahami tingkat air dalam akuifer, debit air yang diambil, dan kualitas air. Data ini penting dalam manajemen yang bijak.
3. **Kapasitas Akuifer:** Akuifer memiliki kapasitas terbatas dalam menyediakan air. Perencanaan yang cermat harus memperhitungkan kapasitas ini agar tidak melebihi kapasitas pemulihan alamiah akuifer.

Aspek Lingkungan dalam Pemanfaatan Air Tanah

1. **Pengaruh Terhadap Ekosistem:** Pengambilan air tanah yang berlebihan dapat mengurangi aliran air ke sungai, mata air, dan ekosistem air lainnya yang bergantung pada akuifer. Ini dapat mengganggu ekosistem dan menyebabkan penurunan tingkat air tanah.

2. Penurunan Tingkat Air Tanah: Penurunan tingkat air tanah adalah masalah serius yang dapat terjadi akibat eksploitasi yang berlebihan. Ini dapat mengakibatkan kerusakan permanen pada akuifer.
3. Intrusi Air Laut: Pengambilan air tanah yang berlebihan dapat menyebabkan intrusi air laut ke dalam akuifer pesisir, mencemari air tanah dengan air asin, yang dapat merusak kualitas air tanah.

Aspek Keberlanjutan dalam Pemanfaatan Air Tanah

1. Manajemen Terpadu Sumber Daya Air: Keberlanjutan dalam pemanfaatan air tanah mencakup pendekatan manajemen terpadu yang mempertimbangkan kebutuhan saat ini dan masa depan serta memperhatikan aspek ekologi, sosial, dan ekonomi.
2. Pengelolaan yang Bijak: Penggunaan air tanah harus dilakukan secara bijak untuk memastikan bahwa sumber daya ini tersedia untuk generasi mendatang. Ini mencakup menghindari overpumping dan pengambilan air yang melebihi tingkat regenerasi akuifer.
3. Konservasi Air Tanah: Konservasi air tanah melibatkan perlindungan lingkungan sekitar akuifer, mengurangi pencemaran air tanah, dan mengembangkan praktik pertanian dan industri yang hemat air.
4. Edukasi Masyarakat: Pendidikan masyarakat tentang pentingnya pemanfaatan air tanah yang berkelanjutan dan praktik penghematan air merupakan komponen penting dalam menjaga keberlanjutan sumber daya ini.

Pemanfaatan air tanah adalah sumber daya yang berharga, tetapi juga rentan terhadap penyalahgunaan dan degradasi lingkungan. Oleh karena itu, penting untuk mengelola air tanah secara berkelanjutan dengan memperhatikan aspek teknis, lingkungan, dan keberlanjutan untuk menjaga keseimbangan antara kebutuhan manusia dan pelestarian lingkungan.

Teknik Penghematan Air

Penghematan air adalah suatu pendekatan penting dalam menjaga keberlanjutan sumber daya air.

Aspek Pertanian

Irigasi yang Efisien: Penggunaan sistem irigasi yang tepat seperti irigasi tetes atau irigasi berbasis sensor dapat mengurangi pemborosan air di pertanian. Contoh: Menggunakan irigasi tetes di mana air diberikan langsung ke akar tanaman atau menggunakan sensor tanah untuk mengukur kelembaban tanah dan mengatur irigasi secara otomatis.

Aspek Industri

1. Recycle dan Reuse: Di sektor industri, mendaur ulang air proses dan menggunakannya kembali dapat mengurangi penggunaan air segar. Contoh: Pabrik kimia yang mendaur ulang air pendingin dalam siklus tertutup, mengurangi konsumsi air segar.
2. Teknologi Hemat Air: Mengadopsi teknologi dan peralatan yang hemat air dalam proses industri dapat mengurangi permintaan air bersih. Contoh:

Mendaur Ulang Air

1. Pengumpulan Air Bekas: Proses dimulai dengan mengumpulkan air bekas dari berbagai sumber seperti air limbah rumah tangga, air hujan, atau air limbah industri.
2. Pemisahan dan Pra-Pemurnian: Air bekas ini kemudian melewati tahap pemisahan awal dan pra-pemurnian untuk menghilangkan partikel besar, lemak, dan zat-zat berbahaya lainnya.
3. Pemurnian dan Filtrasi: Air yang telah diolah kemudian melewati proses pemurnian lanjutan dan filtrasi untuk menghilangkan kontaminan seperti bakteri, virus, logam berat, dan bahan kimia berbahaya lainnya.
4. Deoksigenasi: Beberapa proses mendaur ulang air melibatkan penghilangan oksigen dari air sebelum digunakan kembali dan kemudian memberikan oksigen kembali untuk menjaga kualitas air.

Metode Mendaur Ulang Air

1. Mendaur Ulang Air Limbah Rumah Tangga: Air limbah rumah tangga dapat diolah kembali dan digunakan kembali dalam rumah tangga untuk tujuan non-potabel seperti penyiraman taman atau toilet.
2. Mendaur Ulang Air Limbah Industri: Industri seringkali mendaur ulang air limbahnya untuk tujuan proses industri yang sama atau berbeda, mengurangi pengambilan air segar.

3. **Proyek Reklamasi Air:** Beberapa proyek reklamasi air besar mengambil air limbah kota besar, membersihkannya, dan mengalirkannya kembali ke sumber air alam atau reservoir untuk penggunaan berikutnya.
4. **Recharge Akuifer:** Metode ini melibatkan penyusupan air yang sudah dibersihkan kembali ke dalam akuifer bawah tanah untuk mengisi ulang sumber air tanah.
5. **Daur Ulang Air dalam Proses Industri:** Dalam industri seperti elektronik atau kimia, air bekas yang dihasilkan dalam proses produksi dapat diolah kembali dan digunakan kembali dalam proses yang sama.

Mendaur ulang air adalah pendekatan yang penting dalam menjaga ketersediaan air yang berkelanjutan dan mengurangi dampak lingkungan dari pembuangan air limbah. Ini juga dapat membantu memenuhi kebutuhan air di masa depan saat sumber daya air semakin terbatas. Kombinasi antara teknik peningkatan ketersediaan air dan teknik penghematan air sangat penting dalam mencapai keberlanjutan sumber daya air. Optimalisasi sumber daya air bukan hanya tentang memenuhi kebutuhan manusia, tetapi juga melindungi lingkungan, mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem air, dan menjaga ketersediaan air yang berkelanjutan bagi generasi mendatang. Dengan penerapan pendekatan ini, dapat menjaga keseimbangan yang baik antara pemenuhan kebutuhan manusia dan pelestarian lingkungan.

Daftar Pustaka

- Bank, A. Development. (2016). River Basin Management Planning in Indonesia: Policy and Practice. Asian Development Bank.
- Lachassagne, P. (2021). What Is Groundwater? How to Manage and Protect Groundwater Resources. *Annals of Nutrition and Metabolism*. <https://doi.org/10.1159/000515024>
- Lukito, H., Firdaus, A., & Adi, N. (2023). Hal 305-318 NO. 1, tgl 15 Februari (Vol. 4, Issue 1).
- Nair, A. V., & Gude, V. G. (2022). Desalination and sustainability. In *Water and Climate Change: Sustainable Development, Environmental and Policy Issues*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99875-8.00001-X>
- Sievers, M. (2011). Treatise on Water Science. In *Treatise on Water Science*.
- Thapa, S., Wang, L., Koirala, A., Shrestha, S., Bhattarai, S., & Aye, W. N. (2020). Valuation of Ecosystem Services from an Important Wetland of Nepal: A Study from Begnas Watershed System. *Wetlands*, 40(5). <https://doi.org/10.1007/s13157-020-01303-7>
- Water Recycling and Reuse: The Environmental Benefits. (2004). In *Water Encyclopedia*. <https://doi.org/10.1002/047147844x.wr2155>

Profil Penulis



Ir. Jemmy J. S. Dethan, MP

Penulis di lahirkan di Kupang pada tanggal 7 Januari 1968. Ketertarikan penulis terhadap bidang keteknikan pertanian dimulai pada saat penulis kuliah dengan mengambil program studi Mekanisasi Pertanian (S1) di Universitas Kristen Artha Wacana Kupang dan melanjutkan S2 di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dalam bidang Teknik Pertanian pada tahun 1994. Penulis saat ini (2023) menjabat ketua Program studi Mekanisasi Pertanian. Penulis juga aktif dalam kegiatan ilmiah dan organisasi keprofesian yaitu Perhimpunan Teknik Pertanian. Sehari-harinya bekerja sebagai dosen pengampu mata kuliah dalam bidang keteknikan pertanian. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan book chapter.

Email Penulis : jemmydethan19@gmail.com

REGULASI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR

Badrun Ahmad, S.T.,M.T
Universitas Khairun

Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan esensial bagi manusia. Terpenuhinya kebutuhan air bergantung pada pengelolaan sumber daya air. Pemanfaatan kebutuhan air di setiap sektor perlu memperhatikan pemenuhan kebutuhan air pada generasi mendatang. Air perlu dikembangkan agar ada peningkatan kemampuan sumber daya untuk memastikan kegunaannya yang terintegrasi dan mencari jalan keluar dari permasalahan pada pengelolaan sumber daya air yang terjadi. Air menjadi inti pembangunan yang berkelanjutan dan mempunyai peran penting dalam pembangunan ekosistem yang sehat, sosial-ekonomi serta untuk kelangsungan hidup manusia itu sendiri (Ahmad, Umar, et al., 2023). Hal ini sangat penting untuk meningkatkan kesehatan, kesejahteraan dan produktivitas populasi manusia. Air menjadi jantung adaptasi terhadap perubahan iklim dan berfungsi menjadi penghubung penting antara sistem iklim, manusia, dan lingkungan. Sebagai sumber daya yang terbatas dan tak tergantikan, air menjadi sangat penting bagi kesejahteraan manusia. Dengan demikian

diperlukan adanya pengembangan sumber daya air yang berkelanjutan dan dapat memenuhi kebutuhan manusia (Roestam, 2022).



Gambar 12.1 Bendungan Sebagai Salah Satu Bentuk Pengembangan Sumber Daya Air
Sumber: Muhammad, 2022

Pengembangan sumber daya air dapat diartikan sebagai upaya pemanfaatan sumber daya air untuk memenuhi kebutuhan tertentu, contohnya kebutuhan irigasi atau air minum tanpa mempertimbangkan lebih lanjut dampaknya eksplorasi sumber air yang ada, serta perubahan atau variasi kebutuhan air di kemudian hari. Oleh karena itu, pendekatan pengelolaan sumber daya air ditekankan bagaimana memastikan kebutuhan air dapat terpenuhi. Pendekatan ini ditandai dengan membangun fasilitas baru untuk mengakomodasi permintaan akan air contohnya, pembangunan bendungan, saluran air, pemasangan sarana penyediaan air minum dan proyek lainnya. Pendekatan ini tampaknya menimbulkan masalah seperti: penggunaan air yang terlalu banyak, penggunaan modal yang tidak efisien, pencemaran lingkungan, eksploitasi air yang tidak terkendali (Umar, 2020).

Permasalahan ini ditimbulkan belum adanya sanksi yang tegas dan manajemen yang tidak baik dalam pengelolaan sumber daya air. Untuk itu, diperlukan adanya regulasi yang lebih baik dalam hal ini (Astriani, 2021).

Konsep Dasar Regulasi

Regulasi pengembangan sumber daya air merupakan kumpulan aturan, undang-undang, dan kebijakan yang dibuat oleh pemerintah atau badan pengatur untuk mengelola dan memanfaatkan sumber daya air secara berkelanjutan. Tujuannya adalah untuk menjaga lingkungan, memastikan pasokan air yang cukup untuk kebutuhan air minum, pertanian, industri, dan rumah tangga, serta mencegah konflik dalam penggunaan sumber daya air (UU No. 17 Tahun 2019).

Secara nasional regulasi pengembangan sumber daya air di Indonesia saat ini antara lain tercantum dalam Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air dan Peraturan Presiden No. 37 Tahun 2023 tentang Kebijakan Nasional Sumber Daya Air (Jaknas SDA). Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja Menjadi Undang-Undang, telah ditetapkan Peraturan Presiden Nomor 37 Tahun 2023 tentang Kebijakan Nasional Sumber Daya Air (Dirjen SDA, 2002).

Kebijakan Nasional Sumber Daya Air (Jaknas SDA) adalah arah dan tindakan yang dilakukan pemerintah pusat demi menggapai tujuan pengelolaan sumber daya air (Umar, 2020). Jaknas SDA diterapkan untuk meningkatkan Ketahanan Air Nasional yang ditentukan berdasarkan target Sustainable Development Goals (SDGs) dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional sebagaimana Pasal 4 ayat (2) meliputi:

1. Akses terhadap air minum yang aman, merata, terjangkau, dan yang terlayani 100% (seratus persen).
2. Akses terhadap sanitasi dan kebersihan yang memadai dan merata mencapai 100% (seratus persen).
3. Peningkatan mutu air sesuai Baku Mutu Air yang ditetapkan.
4. Peningkatan efisiensi penggunaan air di semua sektor.
5. Jaminan keberlanjutan pasokan air.
6. Penerapan prinsip Pengelolaan Sumber Daya Air terpadu.
7. Perlindungan dan pemulihan ekosistem terkait sumber daya air.
8. Pengurangan risiko kerugian akibat bencana terkait air.

Jaknas SDA dapat dikatakan berhasil jika mencapai perhitungan indeks Ketahanan Air yang disosialisasikan kepada kementerian/lembaga dan kelompok masyarakat terkait dan menjadi acuan dalam evaluasi pencapaian kinerja Pengelolaan Sumber Daya Air dan penyusunan program, serta menjadi masukan dalam penyusunan Rencana Pembangunan Jangka Menengah masa 5 (lima) tahun berikutnya. Adanya penetapan Perpres No. 37 Tahun 2023, PP No. 33 Tahun 2011 tentang Kebijakan Nasional Pengelolaan Sumber Daya Air dicabut dan dinyatakan tidak berlaku (Dirjen SDA, 2002).

Materi Pokok Undang-Undang dan Perpres

Materi pokok dari UU Nomor 17 Tahun 2019 adalah tentang substansi penguasaan negara terhadap Sumber Daya Air. Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah diberikan tugas serta wewenang dalam mengatur dan mengelola Sumber Daya Air. Tugas ini guna memenuhi kebutuhan pokok masyarakat atas air dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, Undang-Undang ini memberikan kewenangan Pengelolaan Sumber Daya Air kepada pemerintah desa dalam membantu pemerintah dalam Pengelolaan Sumber Daya Air. Hal ini dalam rangka mendorong prakarsa dan partisipasi masyarakat desa untuk Pengelolaan Sumber Daya Air di wilayahnya. Sebagian, tugas dan wewenang Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah dalam mengelola Sumber Daya Air yang meliputi suatu wilayah sungai yang ditugaskan kepada Pengelola Sumber Daya Air yang berupa unit pelaksana teknis kementerian atau badan usaha milik negara ataupun badan usaha milik daerah di bidang Pengelolaan Sumber Daya Air (Kementerian PUPR, 2020).

Wujud air sebagai sumber kehidupan masyarakat, secara alamiah, bersifat dinamis, dan mengalir ke tempat yang lebih rendah tanpa mengenal batas wilayah administratif. Air mengikuti siklus hidrologi yang berhubungan erat dengan kondisi cuaca pada suatu daerah sehingga mengakibatkan ketersediaan air tidak merata dalam pada setiap waktu dan setiap wilayah. Hal ini menuntut Pengelolaan Sumber Daya Air dilakukan secara utuh dari hulu sampai ke hilir berdasarkan basis Wilayah sungai. Hal ini melatarbelakangi, regulasi kewenangan dan tanggung jawab Pengelolaah Sumber Daya Air oleh Pemerintah Pusat, pemerintah provinsi, dan pemerintah kabupaten/kota didasarkan pada

keberadaan Wilayah sungai. Untuk mencapai keterpaduan pengelolaan Sumber Daya Air, urgensinya dibuatkan acuan bersama bagi para pemangku kepentingan dalam satu wilayah sungai yang berupa Pola Pengelolaan Sumber Daya Air dengan prinsip keterpaduan antara Air Permukaan dan Air Tanah. Pola Pengelolaan Sumber Daya Air tersebut disusun secara sistematis dan terkoordinasi antarinstansi yang terkait (BPK, 2019).

Pola Pengelolaan Sumber Daya Air itu dijabarkan dalam Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air. Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air merupakan rencana induk Konservasi Sumber Daya Air, Pendayagunaan Sumber Daya Air, dan Pengendalian Daya Rusak Air yang disusun secara terkoordinasi dan berbasis Wilayah Sungai. Rencana ini menjadi dasar dalam penyusunan program Pengelolaan Sumber Daya Air yang diterangkan lebih detail dalam rencana kegiatan setiap instansi yang terkait (Kementerian PUPR, 2020).

Peraturan presiden Nomor 37 Tahun 2023 ini mengenai Kebijakan Nasional Sumber Daya Air (Jaknas SDA) yang menjadi arah dan tindakan yang diambil pemerintah pusat demi tujuan pengelolaan sumber daya air. Jaknas SDA terdiri atas:

1. Kebijakan umum
2. Kebijakan peningkatan konservasi sumber daya air secara berkelanjutan.
3. Kebijakan peningkatan kinerja pendayagunaan sumber daya air untuk keadilan dan kesejahteraan masyarakat.
4. Kebijakan peningkatan kinerja pengendalian daya rusak dan pengelolaan risiko yang terkait air.

5. Kebijakan peningkatan peran serta masyarakat dan dunia usaha dalam Pengelolaan Sumber Daya Air.
6. Kebijakan peningkatan kinerja pengelolaan sistem informasi sumber daya air.

Sejarah Regulasi Pengembangan SDA

Regulasi pengembangan sumber daya air di Indonesia secara historis dimulai sejak tahun 1974 dengan adanya Undang-Undang Pengairan. Pada era Reformasi, manajemen sumber daya air dalam Undang-Undang Pengairan dianggap belum sesuai dengan perkembangan tata kelola air, sehingga pada tahun 2004 diterbitkan Undang-Undang Sumber Daya Air yang menjadi dasar bagi tata kelola air di Indonesia. Pada tahun 2015, Undang-Undang Sumber Daya Air Nomor 7 tahun 2004 digugat ke mahkamah konstitusi dan pada 18 Februari 2015 dan dikabulkan gugatan dan membatalkan UU SDA (Sumber Daya Air) Nomor 7 tahun 2004. Alasannya, Mahkamah Konstitusi menggunakan enam prinsip yang menjadi dasar pembatasan pengelolaan sumber daya air yang dijadikan sebagai dasar MK untuk membatalkan UU SDA dan sejumlah Peraturan Pemerintah yang terkait dengan undang-undang tersebut. Alasan tersebut yaitu setiap perusahaan atas air tidak boleh mengganggu, mengesampingkan, apalagi meniadakan hak rakyat atas air. Selain itu, negara harus memenuhi hak rakyat atas air, karena akses terhadap air adalah salah satu hak asasi (Pasandaran, 2015).



Gambar 12.2. Sidang MK yang menolak UU Nomor 7 tahun 2004 tentang SDA
Sumber: Hafidz, 2019

Perlu adanya jaminan kelestarian lingkungan hidup sebagai salah satu hak asasi manusia. Sebab, air merupakan cabang produksi yang penting dan menguasai hajat hidup orang banyak yang harus dikuasai oleh negara. Air merupakan sesuatu yang sangat menguasai hajat hidup orang banyak, maka prioritas utama yang diberikan penguasaan atas air adalah Badan Usaha Milik Negara atau Badan Usaha Milik Daerah. Namun, menurut MK setelah semua pembatasan tersebut sudah terpenuhi dan ternyata masih ada ketersediaan air, Pemerintah masih dimungkinkan untuk memberikan izin kepada usaha swasta untuk melakukan pengusahaan atas air dengan syarat-syarat tertentu dan ketat (Astriani, 2021).

Sistem Hukum di Indonesia dan Tantangan Ke depan

Regulasi terkait sumber daya air dalam Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia dapat dilihat pada bab perekonomian nasional dan kesejahteraan sosial. Pasal 33 ayat 3 UUD 45 yang dinyatakan: “Bumi dan air dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besar

kemakmuran rakyat”. Adanya peletakkan air dalam bab perekonomian nasional dan kesejahteraan sosial menunjukkan bahwa air ditempatkan sebagai sumber daya dalam pembangunan di Indonesia. Sebab air menopang seluruh kegiatan pembangunan di Indonesia, air terutama berkaitan dengan ketersediaan pangan dan energi, dua hal yang merupakan kebutuhan dasar manusia. Di samping itu, air adalah hak asasi manusia. Banyak yang berpendapat bahwa regulasi tentang air, selayaknya ditempatkan pada Hukum Hak Asasi Manusia. Pasal 28I ayat (1) UUD 1945 menyatakan: “Hak untuk hidup, hak untuk tidak disiksa, hak untuk kemerdekaan pikiran dan hati nurani, hak beragama, hak untuk tidak diperbudak, hak untuk diakui sebagai pribadi di hadapan hukum, dan hak untuk tidak dituntut atas dasar hukum yang berlaku surut adalah hak asasi manusia yang tidak dapat dikurangi dalam keadaan apapun”. Hak untuk hidup ini diuraikan dalam pasal 28B ayat (2) bahwa “Setiap anak berhak atas kelangsungan hidup, tumbuh, dan berkembang serta berhak atas perlindungan dari kekerasan dan diskriminasi”. Pada pasal ini dinyatakan secara tegas bahwa kewajiban negara adalah melindungi anak dan menjamin kebutuhannya untuk bisa hidup, tumbuh, dan berkembang. Air menjadibagian vital untuk tumbuh dan berkembangnya manusia. Hal ini menjadi dasar kewajiban pemenuhan kebutuhan air oleh pemerintah. Selain itu, pasal 28C ayat (1) juga dinyatakan bahwa “Setiap orang berhak mengembangkan diri melalui pemenuhan kebutuhan dasarnya, berhak mendapat pendidikan dan memperoleh manfaat dari ilmu pengetahuan dan teknologi, seni dan budaya, demi meningkatkan kualitas hidupnya dan demi kesejahteraan umat manusia”. Tentunya pasal ini

membuat pemerintah agar dapat memenuhi kebutuhan dasar manusia Indonesia, salah satunya adalah air bersih. Terkait hal ini yaitu pemerintah harus melindungi air sebagai bagian dari ekosistem, Pasal 28H ayat (1) mengatakan “Setiap orang berhak hidup sejahtera lahir dan batin, bertempat tinggal, dan mendapatkan lingkungan hidup yang baik dan sehat serta berhak memperoleh pelayanan kesehatan”. Lingkungan hidup yang baik dan higienis dilihat dari kualitas air di lingkungan itu. Air yang telah tercemar, bukan hanya berbahaya bagi manusia tetapi bagi makhluk hidup lainnya. Selain itu, hak asasi lain terkait dengan perlindungan air adalah hak beragama. Pada pasal 28E ayat (1) mengatakan bahwa “Setiap orang berhak memeluk agama dan beribadat menurut agamanya, memilih pendidikan dan pengajaran, memilih pekerjaan, memilih kewarganegaraan, memilih tempat tinggal di wilayah negara dan meninggalkannya, serta berhak kembali”. Tentunya air mempunyai kedudukan penting pada proses beribadah agama-agama di Indonesia. Untuk itu dalam rangka memenuhi hak beragama ini, pemerintah harus menjaga ketersediaan air (Dirjen SDA, 2002).

Air juga memiliki kedudukan penting dalam ekosistem karena perannya sebagai sumber kehidupan. Lebih lanjut keberadaan air di suatu tempat dan suatu waktu tidak tetap, artinya bisa berlebih atau berkurang, maka air harus dikelola dengan bijak dengan pendekatan yang terpadu dan menyeluruh. Terpadu mencerminkan keterikantannya dengan berbagai pihak yang melibatkan berbagai disiplin ilmu, menyeluruh mencerminkan cakupan yang sangat luas (board coverage). Cakupannya melintasi batas antar sumber daya, antar wilayah hulu dan hilir, antar mutidisiplin, antar kondisi dan antar berbagai jenis tata guna lahan (Andi Sri Rezky, 2019).

Sehingga, regulasi sumber daya air harus terintegrasi dan berwawasan lingkungan. Sebab regulasi sumber daya air menjadi bagian dari hukum lingkungan. Hukum ini sebagai sebuah disiplin dalam ilmu hukum memiliki karakteristik tersendiri. Keunikan hukum lingkungan berada pada substansinya atau kepentingan-kepentingan yang amat luas dan beragam. Dengan demikian hukum lingkungan tidak dapat diletakkan pada salah satu di antara hukum publik dan privat. Hukum Lingkungan bertujuan agar tercapai pembangunan berkelanjutan. Dalam hal ini, pemanfaatan sumber daya alam harus dikontrol dan digunakan secara selaras, serasi, dan seimbang sesuai fungsi lingkungan. Sumber daya alam terdiri atas berbagai jenis. Di antara satu dengan yang lain saling berkaitan (Andi Sri Rezky, 2019).

Pendayagunaan Sumber Daya Air untuk Kepentingan Usaha

Definisi Keberadaan air merupakan semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat (Undang-Undang Nomor 07 Tahun 2004 Pasal 1 Ayat 2. Namun, setelah Mahkamah Konstitusi mengucapkan putusan Nomor 85PUUXI/2013 pengertian secara normatif-yuridis air bergeser. Air adalah semua air

yang terdapat di dalam dan atau berasal dari sumber-sumber air, baik yang terdapat di atas maupun di bawah permukaan tanah, tidak termasuk dalam pengertian ini air yang terdapat di laut (Undang-Undang Nomor 11 Tahun 1974 Pasal 1 Ayat 3). Sistem pengelolaan air yang berkelanjutan hadir dari konsep bahwa air merupakan milik bersama (res commune) yang diwariskan secara

turun-temurun. Adanya tenaga dalam upaya konservasi dan pembangunan masyarakat menjadi investasi penting dalam SDA. Dalam ketiadaan modal, masyarakat yang bekerja secara kolektif memberikan input utama atau “investasi” dalam proyekproyek air. Jika dilihat sumber daya air yang ada di Indonesia, cadangan air di Indonesia yang disetimasi hingga 2.530 km³, termasuk menjadi negara yang memiliki cadangan air terkaya di dunia (Tri & Adikesuma, 2015).

Data lain menunjukkan, ketersediaan air di Indonesia mencapai 15.000 m³ perkapita per tahun. Tentunya, ketersediaan air ini jauh di atas ketersediaan air rata-rata di dunia yang hanya 8.000 m³ per tahun. Hal tersebut terjadi karena kekayaan Indonesia di bidang sumber daya air menjadi ladang bisnis atas hak guna air (Hanim, 2018).

Dalam hal ini, air yang merupakan salah satu dari sumber daya alam, menjadi hak dasar dari kebutuhan manusia, seharusnya menjadi harta yang dilindungi keberadaannya. Sumber daya air (SDA), yang menjadi hak konstitusional setiap warga Indonesia menjadi begitu penting. Kenyataannya, sering kali menjadi kepentingan pihak tertentu, bukan kepentingan orang banyakdan untuk kemakmuran rakyat seperti yang tertuang dalam konstitusi. Air yang memiliki potensi alamiah (kebutuhan hidup) saat ini direkayasa sedemikian rupa menjadi potensi komersial. Seharunya hal ini tidak perlu terjadi di negeri yang kaya akan sumber daya air. Air yang seharusnya menjadi hak setiap lapisan warga Indonesia, karena hak konstitusionalisme jaminan UUD 1945, kini beralih ke ajang bisnis privatisasi sumber daya air. Konstitusi dan peraturan kita melegitimasi hak konstitusional air,

dimana negara yang berdaulat seharusnya melindungi kedaulatannya dalam berbagai aspek, terutama air yang merupakan kedaulatan lingkungan (Umar, 2020).

Di zaman kontemporer saat ini, bisnis-bisnis pendayagunaan Sumber Daya Air semakin banyak di Indonesia. Data Asosiasi Air Minum dalam Kemasan Indonesia (ASPADIN) yang membawahi pengusaha air minum dalam kemasan (AMDK), anggota ASPADIN mencapai 193 industri, sedangkan total jumlah industri AMDK ada 615 dengan lebih dari 500 merk, antara lain: aqua, nestle, club, vit, oasis, dan ades. Padahal dalam Pasal 6 UU SDA: “negara menjamin hak rakyat atas Air guna memenuhi kebutuhan pokok minimal sehari-hari bagi kehidupan yang sehat dan bersih dengan jumlah yang cukup, kualitas yang baik, aman, terjaga keberlangsungannya, dan terjangkau”. Tentunya, berdasarkan pasal 6 UU SDA negara harus menjamin hak atas air (Ahmad, Faedly, et al., 2023).

Solusi dan Substansi Regulasi

Regulasi tentang sumber daya air, menurut Astriani (2021) bahwa regulasi sumber daya air harus memperhatikan enam hal berikut:

1. Kepentingan nasional dan antar generasi termasuk di dalamnya kepentingan para pengguna. Pemenuhan kebutuhan air saat ini, tanpa mengurangi potensi pemenuhan kebutuhan air bagi generasi-generasi mendatang.
2. Prinsip pemanfaatan yang perlu melihat kesatuan ekosistem dan pemanfaatan air yang digunakan untuk kemakmuran dan kesejahteraan rakyat tidak semata-mata untuk tujuan komersial.

3. Melihat Daya dukung lingkungan dalam pembuatan kebijakan yang berkaitan dengan pemanfaatan sumber daya alam, sehingga daya dukung bukan sebagai faktor penyeimbang kepentingan, namun prinsip yang tidak dapat dikompromikan.
4. Perlu adanya efisiensi dan penghematan penggunaan sumber daya air.
5. Pengelolaan sumber daya air dilakukan dengan komitmen meningkatkan akses air bersih dan sanitasi kepada masyarakat dan
6. Perlu dibangun kesiapan dalam menghadapi bencana.

Pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan menurut pandangan menurut Astriani (2021) hanya dapat dicapai dengan pendekatan ekosistem. Sedangkan pendekatan yang dilakukan pemerintah saat ini masih berdasarkan pemanfaatan (tujuan komersil). Ini dapat dilihat pada kaidah-kaidah yang ada di dalam 14 (empat belas) undang-undang yang berkaitan dengan sumber daya air antara lain Undang-Undang Nomor 5 tahun 1960 tentang Peraturan Dasar Pokok Pokok Agraria, Undang-Undang Nomor 5 tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistemnya, Undang-Undang Nomor 41 tahun 1999 tentang Kehutanan, Undang-Undang Nomor 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, Undang-Undang Nomor 30 tahun 2007 tentang Energi, Undang-Undang Nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang, Undang-Undang Nomor 4 tahun 2009 tentang Mineral dan Batubara, Undang-Undang nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup serta beberapa UU lain (Pradhyksa, 2021).

Menurut Astriani (2021) untuk merubah pendekatan ini, pertama-tama yang perlu diperbaiki adalah paradigma pengelolaannya. Air sebelum dikonsumsi sebagai sumber daya pembangunan, mempunyai fungsi utama sebagai penunjang kehidupan seluruh makhluk hidup dan berperan sangat esensial pada ekosistem. Pemerintah harus melakukan pengelolaan semua sumber daya air, dan melindunginya demi kepentingan generasi saat ini dan masa depan. Hubungan erat antara tanah, air, dan fungsi ekologi sumber daya air, semua orang yang memiliki hak atau kepentingan untuk menggunakan sumber daya air atau tanah mempunyai kewajiban untuk memelihara fungsi dan integritas ekologi, dari sumber daya air dan ekosistem terkait. Diperlukan kebijakan dalam merehabilitasi, merawat atau mengembangkan sumber daya air baru atau ekosistem yang berkaitan dengan air agar dapat mencegah bahaya di masa yang akan datang terhadap sumber daya air dan ekosistem terkait harus didahulukan. Sebab itu penggunaan dan pemanfaatan sumber daya air perlu menggunakan teknologi terbaik yang tersedia dan memperhatikan praktik lingkungan terbaik. Dengan demikian dalam mengelola sumber daya air, harus dibangun mekanisme yang layak dan dapat dilakukan dalam mendorong dan memfasilitasi orang-orang yang melakukan konservasi. Hal-hal yang terkait lingkungan harus dilihat dalam penilaian dan penetapan harga air dan layanan mereka. Perlu ada sanksi misalnya mereka yang menyebabkan pencemaran air dan degradasi ekosistem harus menanggung biaya penahanan, penghindaran dan pengurangan, dan biaya perbaikan, pemulihan dan kompensasi untuk bahaya apapun yang berdampak terhadap kesehatan manusia atau lingkungan. Prinsip pembayaran pengguna, mereka yang

menggunakan sumber daya air dan layanannya dalam perdagangan atau industri harus membayar harga atau tagihan berdasarkan siklus hidup penuh biaya penyediaan sumber daya air dan jasa ekosistem mereka, termasuk penggunaannya, dan pembuangan akhir limbah apa pun; untuk mencerminkan biaya penyediaan layanan tersebut, biaya juga harus dikenakan pada penggunaan layanan air domestik, termasuk biaya lingkungan (Pradhyksa, 2021).

Daftar Pustaka

- Ahmad, B., Faedly, M., Tidore, H., Tata, A., & Umar, S. H. (2023). Kelimpahan Mikroplastik Pada Ekosistem Perairan Di Maluku Utara : Sebuah Tinjauan. *Jurnal Sipil Sains*, 13(1). <https://doi.org/10.33387/SIPILSAINS.V13I1.6391>
- Ahmad, B., Umar, S. Hi., & Y.S, M. T. (2023). Analisis Sistem Penyaringan Air Bersih Pada Air Sumur Warga Di Kelurahan Fitu Kota Ternate Selatan. *Journal of Science and Engineering*, 6(1), 16. <https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/josae/article/view/6100>
- Andi Sri Rezky, W. A. I. (2019). Pengelolaan Sumber Daya Air di Indonesia: Tata Pengurusan Air dalam Bingkai Otonomi Daerah.
- Astriani, N. (2021). Pengaturan Air Dalam Sistem Hukum Indonesia Water Regulation In Indonesia Legal System. *Hukum Lingkungan*, 5(2), 1–8. <https://doi.org/10.24970/bhl.v5i2.223>
- Dirjen SDA. (2002). Laporan Akhir Kebijakan Pengelolaan Sumber Daya Air.
- Hafidz. (2019). Sidang MK soal Sumber daya air - Penelusuran Google. https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fimages.bisnis.com%2Fposts%2F2020%2F10%2F29%2F1311070%2Fsidangputus270619-1.jpg&tbnid=wbmaACYgGnxm5M&vet=12ahUKEwi_vsTY0_SBAxWN6DgGHRJSAIcQMygCegQIARBO..i&imgrefurl=https%3A%2F%2Fkabar24.bisnis.com%2Fread%2F20201029%2F16%2F1311070%2Fthok-mk-tolak-uji-materi-uu-sumber-daya-air&docid=XhL2DBkxHwyvIM&w=673&h=450&q=Sidang%20MK%20soal%20Sumber%20daya%20air&ved=2ahUKEwi_vsTY0_SBAxWN6DgGHRJSAIcQMygCegQIARBO

- Hanim, W. (2018). The Implementation Of Drinking Water Supply System In Decentralization Era. *Trikonomika*, 17(2), 59. <https://doi.org/10.23969/TRIKONOMIKA.V17I2.1434>
- Kementerian PUPR. (2020). Peraturan Bidang Sumber Daya Air. <https://pu.go.id/pustaka/storage/biblio/file/peraturan-bidang-sumber-daya-air-L7L7G.pdf>
- Pasandaran, E. (2015). Assessing Development History of Law on Irrigation Water and Water Resources. <https://media.neliti.com/media/publications/69883-ID-menyoroti-sejarah-perkembangan-undang-un.pdf>
- Pradhyksa, D. P. (2021). Pengaturan Pendayagunaan Sumber Daya Air dalam Undang-Undang Cipta Kerja dan Korelasinya dengan Pasal 33 UUD 1945. *Ascarya: Journal of Islamic Science, Culture, and Social Studies*, 1(2), 66–89. <https://doi.org/10.53754/iscs.v1i2.16>
- Roestam. (2022). Kebijakan Pengelolaan Sumber Daya Air. <https://simantu.pu.go.id/personal/img-post/autocover/5bbf7f27d67c268842291ac7945b9a23.pdf>
- Tri, O. :, & Adikesuma, N. (2015). Permasalahan Pelestarian Sumber Daya Air Jakarta. In *Jurnal Universitas Pembangunan Jaya* (Vol. 2).
- Umar, B. (2020). Konsep Integrated Water Resources Management (IWRM)/Pengelolaan Sumber Air Secara Terpadu. In *Konsep Integrated Water Resources Management (IWRM)/Pengelolaan Sumber Air Secara Terpadu*. (Vol. 1, Issue 3). https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pengabdian_dir/fbb4415cd4e92f8976e0d4f40044396f.pdf
- BPK. (2019). UU No. 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/122742/uu-no-17-tahun-2019>

Profil Penulis

Badrun Ahmad, S.T., M.T.



Penulis dilahirkan di Takofi Moti Kota Ternate pada tanggal 27 Desember 1990. Ketertarikan penulis terhadap ilmu teknik Lingkungan dan keairan dimulai pada tahun 2017 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk melanjutkan studi pada jenjang Magister Teknik Lingkungan di Institut Teknologi Bandung (ITB) dan berhasil lulus pada tahun 2019. Selama kuliah pernah menjadi best presenter pada seminar nasional di ITB tahun 2019. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap PNS Kemdikbudristek dan ditempatkan mengajar di Program Studi Teknik Sipil Universitas Khairun di Ternate. Penulis pernah menjabat sebagai Ketua panitia akreditasi internasional, ketua pelaksana pembuatan kebijakan dan peraturan akademik tingkat Fakultas Teknik Universitas Khairun. Penulis juga aktif dalam kegiatan ilmiah dan seminar internasional. Sehari-harinya bekerja sebagai dosen pengampu mata kuliah pengembangan sumber daya air, rekayasa penyehatan lingkungan, dan sistem jaringan air limbah. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan book chapter.

Email Penulis : badrun@unkhair.ac.id

KONSERVASI DAERAH TANGKAPAN AIR BERBASIS KEARIFAN LOKAL

Aprianto Soni, M.Pd

Universitas Amal Ilmiah Yapris Wamena

Air Tanah

Secara alami, air di Bumi selalu bergerak hingga terbentuk daur atau siklus hidrologi. Selama dalam perjalanan siklus tersebut, air tidak pernah berhenti, hanya akan tertahan sementara dalam berbagai bentuk dan tempat sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia. Pergerakan aliran air di permukaan tanah melalui saluran sungai maupun anak sungai, ada juga yang menggenang menjadi danau, waduk, dan rawa. Air permukaan dan air tanah yang muncul kembali ke permukaan sebagai mata air akan mengalir ke sungai dan ke laut, kemudian menguap kembali melalui penyinaran matahari. Begitulah seterusnya sehingga mengakibatkan terjadinya siklus hidrologi. Semakin banyak air hujan yang masuk ke dalam tanah, semakin banyak juga cadangan air tanah. Namun, sebaliknya semakin sedikit air hujan yang masuk ke dalam tanah, maka semakin banyak air yang mengalir di permukaan. Jika terlalu banyak air yang mengalir di permukaan akan mengakibatkan banjir. Banyaknya air hujan yang meresap dan mengalir di permukaan disebabkan oleh faktor berikut:

1. Besarnya curah hujan berpengaruh terhadap banyaknya air hujan yang meresap ataupun yang mengalir.
2. Lamanya hujan berpengaruh terhadap banyak sedikitnya air yang masuk ke dalam tanah. Meskipun curah hujannya besar tetapi hanya sebentar maka akan sedikit air hujan yang meresap ke dalam tanah.
3. Vegetasi penutup, yaitu semakin banyak vegetasi yang menutupi tanah, maka peluang air hujan untuk meresap ke dalam tanah semakin tinggi.
4. Kemiringan lereng, yaitu semakin tinggi kemiringan lereng suatu daerah, semakin sedikit air yang masuk dibandingkan dengan daerah dataran.

Air tanah adalah massa air yang ada di bawah permukaan tanah. Lebih dari 98 % dan semua air di daratan tersembunyi di bawah permukaan tanah, 2% terlihat sebagai air di sungai, danau, dan rawa. Volume air tanah yang ada di berbagai tempat tidak sama, bergantung pada persyaratan yang menunjang proses peresapannya. Air tanah berasal dari air hujan yang meresap melalui berbagai media peresapan, yaitu sebagai berikut:

1. Pori-pori tanah. Tanah yang gembur atau berstruktur lemah akan meresapkan air lebih banyak daripada tanah yang pejal.
2. Retakan-retakan lapisan tanah akibat kekeringan yang pada musim hujan sangat basah dan becek, seperti tanah liat dan lumpur.
3. Rongga-rongga yang dibuat binatang (cacing dan rayap).
4. Rongga-rongga akibat robohnya tumbuh-tumbuhan yang berakar besar.

5. Rongga-rongga akibat pencairan berbagai kristal yang membeku pada musim dingin.

Selain kelima faktor tersebut di atas, penutupan vegetasi di permukaan bumi sangat besar pengaruhnya terhadap peresapan air hujan ke dalam tanah. Hujan yang lebat akan tertahan oleh daun-daun dan ranting-ranting, sehingga jatuhnya di permukaan bumi sangat perlahan-lahan. Dengan demikian, proses peresapan air lebih lancar. Lapisan tanah yang dipengaruhi evapotranspirasi hanya sampai kedalaman 30 cm saja. Di dataran rendah, pada umumnya permukaan air tanahnya dangkal. Kedalaman air tanah di berbagai tempat tidak sama. Ketidaksamaan ini akibat jenis tanah dan struktur tanah yang berbeda, dan juga mungkin karena faktor musim, yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Berdasarkan jenisnya, air tanah dapat dikelompokkan ke dalam tujuh bagian, yaitu sebagai berikut:

1. *Meteoric water (vadose water)*, yaitu air tanah yang berasal dari air hujan, dan terdapat pada lapisan tanah yang tak jenuh.
2. *Connate Water (Air Tanah Tubir)* Air tanah ini berasal dari air yang terperangkap dalam rongga-rongga batuan endapan, sejak pengendapan tersebut terjadi. Termasuk juga air yang terperangkap pada rongga-rongga batuan beku leleran (lelehan) ketika magma tersembur ke permukaan bumi. Dapat berasal dari air laut atau air darat.
3. *Fossil Water (Air Fossil)* Air tanah ini berasal dari hasil pengendapan fosil-fosil, baik fosil tumbuhan maupun fosil binatang.
4. *Juvenile Water (Air Magma)* Air ini berasal dari dalam bumi (magma). Air ini bukan dari atmosfer atau air permukaan.

5. *Pellicular Water* (Air Pelikular) Air yang tersimpan dalam tanah karena tarikan molekul-molekul tanah.
6. *Phreatis Water* (Air Freatis) Air tanah yang berada pada lapisan kulit bumi yang *poreus* (sarang). Lapisan air tersebut berada di atas lapisan yang tidak tembus air (pejal/kedap) atau di antara dua lapisan yang tidak tembus air.
7. *Artesian Water* (Air Artesis) Air artesis ini dinamakan juga air tekanan (*pressure water*). Air tersebut berada di antara dua lapisan batuan yang kedap (tidak tembus) air sehingga dapat menyebabkan air tersebut dalam keadaan tertekan. Jika air tanah ini memperoleh jalan keluar baik secara disengaja atau tidak, akan keluar dengan kekuatan besar ke permukaan bumi dan terjadilah sumber air artesis.

Manfaat air tanah bagi kehidupan yang merupakan Merupakan bagian yang penting dalam siklus hidrologi, Menyediakan kebutuhan air bagi hewan dan tumbuh-tumbuhan, Merupakan persediaan air bersih secara alami, Untuk keperluan hidup manusia antara lain minum, memasak, dan mencuci, Untuk keperluan industri, misalnya industri tekstil dan industri farmasi, dan Untuk irigasi pada sektor pertanian. Air tanah mempunyai berbagai manfaat bagi kehidupan yaitu sumber air bersih, sumber irigasi, dan sumber air industri. Air tanah mempunyai peran penting bagi kehidupan, maka pelestarian air tanah perlu dilaksanakan adalah sebagai berikut: melakukan konservasi hutan, melakukan konservasi tanah, membuat sumur resapan, mengatur pembuangan limbah, dan merencanakan tata guna lahan yang baik. Dalam menjaga agar kelestarian air tanah tetap terjamin, maka perlu diperhatikan hal-hal berikut ini.

1. Mencegah penggunaan air tanah berlebihan.
2. Mencegah terjadinya ledakan penduduk dan permukiman yang berlebihan karena berkaitan dengan membesarnya konsumsi air tanah.
3. Pemanfaatan air tanah (tawar) di daerah pantai harus menaati peraturan yang ditetapkan pemerintah.
4. Mencegah terjadinya perusakan hutan agar tidak menimbulkan ketimpangan tata air.
5. Konversi atau perubahan penggunaan lahan dalam suatu daerah aliran sungai harus diperhitungkan dampak dan manfaatnya.
6. Memperketat pelaksanaan analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL) khususnya terhadap air tanah.
7. Membuat sumur resapan.

Daerah Konservasi Air Tanah

Masyarakat dapat mengusahakan suatu kawasan atau wilayah tertentu yang khusus diperuntukan sebagai daerah tangkapan air hujan atau daerah resapan air hujan yang dijaga vegetasinya dan konstruksi dan tidak boleh dibangun di atas area Kawasan yang sudah menjadi Kawasan yang dilindungi. Daerah yang mempunyai peresapan tinggi dan bebas dari kontaminasi polutan maka setiap daerah perlu segera mencari lokasi atau kawasan yang dapat dikembangkan menjadi cagar alam resapan air hujan ini. Lapisan tanah yang menampung dan meloloskan air disebut sebagai *akifer* (*Aquifer*). Contoh dari lapisan ini adalah tanah berpasir. Lapisan tanah yang hanya mampu menampung air tetapi tidak dapat meloloskan air disebut dengan *aquiclude*. Contohnya tanah lempung. Lapisan tanah yang menampung dan meloloskan air disebut dengan

aquifuge. Contohnya adalah batuan andesit. Konservasi air tanah dapat dilakukan dengan dengan membangun resapan buatan yang hendaknya dirancang di wilayah yang memiliki daya serap tinggi dan relatif dalam sehingga efektivitas peresapan air hujan relatif tinggi.

Daerah resapan atau tangkapan air, yang menjadi sumber keberadaan air tanah. Namun, alih fungsi lahan di kawasan ini mengancam keberlangsungan keberadaannya. Air tanah merupakan cadangan air bersih di berbagai negara, termasuk Indonesia. Selain air tanah, ada juga air permukaan, seperti sungai dan sumber mata air. Sejalan dengan pendapat Sallata, M. K. (2015) bahwa Air adalah salah satu sumber alam paling penting bagi makhluk hidup namun sering menjadi permasalahan dalam keberadaannya (occurance), peredaran/sirkulasinya (circulation) dan penyebarannya (distribution). Di Indonesia, kondisi air tanah sangat bervariasi ya, tapi memang kalau kita cermati di Pulau Jawa terutama itu yang tantangannya cukup berat. Karena di beberapa tempat, terutama di kota-kota besar, itu banyak terjadi pengambilan air tanah yang berlebihan. Air tanah dapat menjadi cadangan air bersih pada masa depan. Konservasi air tanah harus memperhatikan asal serta wadahnya.

Asal air tanah merupakan kawasan resapan atau tangkapan air di pegunungan, yang memerlukan penanaman pepohonan tegakan di lokasi yang berada pada alur aliran air tanah. Sedangkan wadah air yang dimaksud merupakan batuan yang terbentuk dari aktivitas gunung berapi yang menjadi cekungan besar penampung air tanah. Masyarakat maupun industri yang menjadi konsumen air memiliki kewajiban yang sama untuk menjaga kelestarian sumber mata air maupun air tanah, melalui penanaman pohon di area resapan. mengatakan kesadaran bersama tentang

pentingnya kerja sama melestarikan air tanah, akan menjadi gerakan yang efektif untuk memastikan kelestarian air tanah bagi semua makhluk hidup.

Konservasi air adalah suatu tindakan yang dilakukan untuk melestarikan sumber daya air yang tersedia. Menurut Arsyad, 2000 dalam Maria, R., dkk (2012) bahwa konservasi tanah mempunyai hubungan yang erat dengan konservasi air. Pada kondisi lahan kering atau ketika memasuki musim kemarau, maka sumber air yang terdapat di dalam tanah harus bisa dikonservasi dengan sebaik-baiknya. Jika intensitas curah hujan yang jatuh di bawah hutan melebihi kapasitas infiltrasi tanah, maka kelebihan air yang tidak terserap oleh tanah akan mengalir sebagai aliran permukaan atau disebut juga sebagai Hortonian flow atau infiltration excess. Air yang terinfiltrasi akan meresap ke dalam tanah dan besarnya tergantung pada daya hantar hidrolik vertikal dan lateral, kelembaban tanah dan kecuraman lereng, dengan melalui satu atau lebih alur untuk menuju sungai utama.

Hutan memiliki daya tampung dan daya infiltrasi air yang tinggi, karena itu aliran permukaan jarang terjadi pada lahan hutan. Tingginya infiltrasi hutan disebabkan adanya serasah. Serasah yang terurai dapat menggemburkan tanah sehingga air mudah lolos ke dalam tanah. Serasah dan tumbuhan bawah juga dapat menahan sementara air hujan. Ketika hujan berhenti, air yang tertahan akan teruapkan atau terinfiltrasi ke dalam tanah. Proses inilah yang dapat menahan atau mengurangi laju aliran permukaan. Jika terjadi, aliran permukaan dengan laju yang tinggi hanya terbatas pada daerah yang permukaan tanahnya terganggu, misalnya kebakaran yang menyebabkan lantai hutan bersih dari serasah dan tumbuhan bawah. Karena banyaknya pori di dalam tanah, maka sebagian besar air mengalir

sebagai aliran cepat dibawah permukaan tanah yang dapat menyumbangkan aliran puncak di sungai. Tingginya kemampuan infiltrasi tanah hutan menyebabkan air dengan mudah mencapai sistem air tanah (*ground water*), sehingga jumlah air yang ditampung pada *reservoir* air tanah menjadi tinggi. Air ini dilepaskan lagi secara bertahap sebagai aliran dasar (*baseflow*) ke sungai-sungai. Karena tingginya proses evaporasi dan tranpirasi, secara umum hutan melepas air ke sungai dalam jumlah yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem penggunaan lahan lainnya. Pada hutan alam yang belum terganggu, umumnya aliran sungai di musim kemarau (*base flow*) dapat dipertahankan pada tingkat tertentu.

Hutan sebagai pengatur tata air dan pencegah erosi tanah, dapat dilakukan beberapa hal dan pendekatan sebagai berikut:

1. Mempertahankan hutan dengan sedikit atau sama sekali tanpa campur tangan manusia, melalui penetapan hutan lindung.
2. Pengelolaan hutan secara lestari bagi kelanjutan produksi kayu dan komoditas lainnya serta jasa lingkungan seperti konservasi tanah dan air, kehidupan hewan liar serta rekreasi.
3. Penegakan hukum yang tegas dalam mengatasi kegiatan pembalakan liar (*illegal logging*).
4. Kegiatan reboisasi, melalui partisipasi aktif masyarakat, seperti dalam program *One Man One Tree*.
5. Meningkatkan pemahaman mengenai *social forestry*, mendorong pengembangannya serta secara terus-menerus melakukan dialog dengan masyarakat sekitar hutan mengenai kendala-kendala yang dihadapi dan apa solusinya.

6. Peningkatan pelaksanaan Pembangunan Hutan Berbasis Masyarakat (PHBM) seperti yang telah dilakukan oleh Perhutani di beberapa wilayah, dengan terus mengevaluasi sistem bagi hasil yang ada sehingga tidak ada pihak yang dirugikan.
7. Ekoturisme memberikan kesempatan pada pengunjung untuk mendapatkan pengalaman berkaitan dengan alam, kebudayaan dan pengetahuan mengenai konservasi keanekaragaman hayati.
8. Penerapan Sustainable Forest Management (SFM), melalui pembentukan Model Forest (MF) yang merupakan proses pembentukan sistem pengelolaan sumber daya hutan (SDH) dengan mengintegrasikan aspek ekologi, sosial, ekonomi dan lingkungan satuan wilayah DAS, melalui keterlibatan partisipatif semua stakeholder di wilayah tersebut.

Koservasi Daerah Tangkapan Air Berbasis Kearifan Lokal

Indonesia mempunyai banyak kearifan lokal yang sekaligus menjadi nilai karakter bangsa Indonesia. Kearifan lokal ini merupakan salah satu senjata untuk mempertahankan karakter suatu bangsa. Dengan demikian kearifan lokal perlu dilestarikan, mengingat dampak negatif globalisasi yang berdampak hilangnya kearifan lokal yang dimiliki oleh bangsa Indonesia. Hal ini sejalan dengan pendapat Wagiran (2012, hlm. 330) yang menyatakan bahwa kearifan lokal bukan suatu penghambat kemajuan suatu bangsa melainkan menjadi kekuatan untuk mencapai bangsa yang berkarakter. Dengan kata lain masyarakat global maupun lokal tidak dapat mempertahankan hidup tanpa kebudayaan, namun sebaliknya kebudayaan tidak dapat berkembang tanpa masyarakat. Dalam lingkungan masyarakat

umumnya sudah terimplementasikan dengan baik. Masyarakat secara bersama sudah melestarikan berbagai tradisi yang dapat berdampak baik bagi kehidupan masyarakat.

Dalam melestarikan tradisi ini sekaligus melestarikan nilai nilai karakter yang terdapat dalam tradisi tersebut. Tidak heran jika nilai karakter dan tradisi budaya yang dimiliki oleh masyarakat lokal dapat terjaga dengan baik. Konsep kearifan lokal meliputi, pengetahuan lokal (*local knowledge*), kecerdasan, setempat (*local genius*), kebijakan, setempat (*local wisdom*) serta tradisi. Sejalan dengan pendapat Sufia, R., Sumarmi, S., & Amirudin, A. (2016) bahwa masyarakat adat memiliki kehidupan yang sederhana, harmonis, mampu berperan dalam melestarikan lingkungan hidup di wilayah tersebut, seperti; sumber air, area persawahan, dan ladang. Inovasi berbasis kearifan lokal dapat menjadi alternatif kemandirian masyarakat dalam pengelolaan air yang berkelanjutan. bahwa kearifan lokal dapat ditemukan pada masyarakat tertentu dalam bentuk konservasi sumber daya alam sebagai aturan daerah yang timbul sebagai dampak panjang dari sejarah dan penyesuaian diri yang lama. Untuk mendukung ketersediaan air secara terus menerus dan mendukung pencapaian SDGs poin 6 tersebut, maka ditetapkan target yang meliputi akses terhadap air bersih yang layak, akses sanitasi yang memadai, kualitas air, dan pengolahan air limbah, serta, pemanfaatan, manajemen pengelolaan dan konservasi SDA. Untuk mencapai tujuan tersebut. Indonesia memiliki berbagai kearifan lokal yang besar, yang juga merupakan salah satu cara untuk melestarikan karakteristik bangsa dengan cara yang ramah lingkungan.

Masyarakat Indoneisa memiliki pengetahuan, keterampilan, sosial yang secara turun temurun dari generasi ke generasi. Penggunaan sumber daya alam setempat guna mencukupi kebutuhan hidup sehari-hari. Masyarakat lokal biasanya melakukan pengelolaan sumber daya alam dan dapat hidup berdampingan dan seimbang dengan alam yang ada di sekitarnya. Pentingnya melakukan konservasi pada daerah tangkapan air guna keberlangsungan hidup seluruh makhluk hidup yang berada di bumi. Menurut Saputri, W. E., & Setiawan, A. R. (2020) Proses pertahanan diri yang berupa kearifan lokal merupakan bentuk perwujudan dan peran masyarakat dalam upaya perlindungan daerah-daerah yang berpotensi sebagai tangkapan air yang berguna untuk kehidupan masyarakat desa. Konservasi daerah tangkapan air berbasis kearifan lokal dapat dilakukan sebagai upaya konservasi Sumber Daya Air di Indonesia. Dengan pelersarian air berbasis kearifan lokal diharapkan dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi pengelolaan sumber daya alam sehingga upaya konservasi sumber daya alam dapat dilaksanakan dengan lebih optimal dan berkelanjutan sehingga dapat melakukan prediksi terkait kebutuhan air di masa yang akan datang.

Adapun contoh daerah konservasi daerah tangkapan air terdapat pada suku:

1. **Masyarakat Baduy** secara umum dan pengetahuan lokal telah mempunyai dan memiliki konsep dalam mempraktekkan pencagaran alam (*nature conservation*). Suku baduy sangat memperhatikan keselamatan hutan. Hal ini mereka lakukan karena mereka sangat menyadari bahwa dengan menjaga hutan maka akan menjaga keberlanjutan tata guna lahan dan fungsi lahan maupun hutan. Lahan hutan yang berada di luar wilayah permukiman, biasa

mereka buka setiap tahun secara bergilir untuk dijadikan lahan pertanian. Masyarakat Baduy juga telah mengenal konsep tentang hutan, gunung, dan bukit. Perbedaan dan persamaan antara ketiga konsep tersebut. Dalam bahasa setempat, hutan disebut dengan *leuweung* yang berarti banyak pohon yang besar.

Bukit disebut *monggor* yang berarti tempat yang berada di ketinggian terdapat pohon-pohon besar dan tua. Dengan demikian menurut persepsi masyarakat Baduy, hutan bisa terdapat di gunung atau bukit atau bahkan di tempat yang rendah sekalipun. Hutan dapat dibedakan berdasarkan fungsinya dan letaknya. Berdasarkan fungsinya, hutan terbagi menjadi tiga jenis, yaitu hutan larangan, hutan dudungusan, dan hutan garapan. Hutan larangan adalah hutan lindung yang tidak boleh dimasuki oleh sembarang orang, bahkan oleh orang Baduy atau pimpinan adat sekalipun. Hutan *dudungusan* adalah hutan yang dilestarikan karena berada di hulu sungai, atau di dalamnya terdapat tempat keramat atau leluhur Baduy, dan hutan garapan adalah hutan yang dapat dimanfaatkan sebagai ladang atau huma. Hutan larangan berada di sebelah selatan permukiman Baduy *tangtu*, berada pada lokasi yang paling dalam dan paling tinggi dari kawasan hutan di Baduy. Di dalamnya terdapat kekayaan berbagai jenis tegakan pohon kayu tinggi dengan tajuknya yang rindang, kemudian tanaman dan pohon-pohon di bawahnya. Palem-paleman, paku-pakuan, rerambatan, semak perdu, lelumutan, dan tanaman rendah lainnya menyelimuti lantai hutan. Beragam satwa, serangga, dan mikro organisme melengkapi ekosistem hutan. Semakin

rapat hutan, semakin kaya menyimpan potensi cadangan air dan kekayaan keanekaragaman hayati.

Kekayaan hutan yang memberi banyak manfaat, memasok nutrisi hutan-hutan yang ada di tempat lebih bawah, kebun-kebun, ladang-ladang, hingga pekarangan di sekitar rumah dan permukiman masyarakat lokal. Hutan larangan ini memiliki mata air Sungai Ciujung dan Cisemeut berawal mengalirkan limpahan rezeki tak ternilai hingga jauh sampai ke laut. Hutan larangan Baduy diperlakukan istimewa selalu dan tetap dijaga keutuhannya kemudian dirawat agar kelestariannya tetap terjaga. Siapapun dilarang memasukinya tidak diperkenankan mengganggu ekosistem yang ada didalamnya bahkan mengambil sesuatu dari hutan tersebut. Selembar daun, sepucuk ranting, atau setetes madu pun tidak boleh diambil dari hutan. Hutan ini dikatankan hutan larangan bukan karena angker/mistis atau keramat. Namun karena masyarakat Baduy sangat menghormati dan menghargai alam atas dasar pemahaman terhadap potensi yang dikandungnya.

2. **Kampung Naga** dibagi menjadi dua kegunaan utama yaitu kawasan lindung dan kawasan budidaya. Kawasan lindung merupakan kawasan yang difungsikan untuk melindungi dan menjaga kelestarian sumber daya alam. Kawasan lindung dibagi ke dalam beberapa penggunaan diantaranya hutan lindung, hutan keramat, petilasan pasembayangan, petilasan sandang pangan dan bumi agung. Penggunaan ruang yang berkaitan dengan konservasi air yaitu hutan larangan dan hutan keramat. Sungai Ciwulan dan Hutan Larangan berada tepat di sebelah Timur dari Kampung Naga, tepatnya diseberang sungai Ciwulan. Hutan larangan

berfungsi melindungi vegetasi yang berperan dalam konservasi tanah dan air. Adanya hutan larangan menyebabkan kondisi tanah tetap terjaga sebagai media dalam proses penyerapan air hujan. Selain itu hutan ini juga berfungsi sebagai kawasan pelestarian dan penyeimbang ekosistem. Masyarakat lokal disana mematuhi bahwa tidak ada yang boleh masuk ke dalam hutan larangan tersebut apalagi sampai mengeksploitasi sumber daya alamnya. Hutan larangan adalah hutan yang belum pernah terjamah oleh manusia, sehingga perubahan yang terjadi berlangsung tanpa adanya campur tangan manusia. Hutan keramat terletak di sebelah barat dari permukiman masyarakat Kampung Naga. Hutan ini menjadi batas kawasan permukiman. Sama halnya dengan hutan larangan, hutan keramat juga menjadi area yang sangat dijaga dan dilindungi. Orang-orang tidak dapat sembarangan untuk masuk ke hutan ini, terdapat ketentuan-ketentuan seperti pada saat-saat tertentu dan harus didampingi oleh ketua adat atau paling tidak mendapatkan izin dari ketua adat. Apabila dilanggar masyarakat percaya akan terjadi sesuatu hal yang tidak diinginkan.

Nilai-nilai kearifan lokal yang berhubungan dengan perlindungan sumber daya alam dan lingkungan merupakan salah satu wujud konservasi secara tradisional yang dilakukan oleh masyarakat. Konservasi tradisional yang dilakukan oleh masyarakat sebagai bagian dari rasa hormat yang mendorong keselarasan hubungan manusia dengan alam sekitarnya karena masyarakat tradisional lebih condong memandang dirinya sebagai bagian dari alam itu sendiri. Rasa memiliki atas suatu kawasan atau jenis sumberdaya alam tertentu sebagai hak kepemilikan bersama sehingga menimbulkan kewajiban untuk menjaga dan

mengamankan sumberdaya Bersama-sam dan mematuhi larangan dan peraturan yang telah disepakati. Pengetahuan masyarakat lokal tentu memberikan kemampuan kepada masyarakat untuk memecahkan masalah-masalah yang dihadapi dalam memanfaatkan sumberdaya alam yang terbatas. Penggunaan teknologi sederhana yang tepat guna dan hemat energi sesuai dengan kondisi alam setempat. Penegakan aturan adat yang dapat mengamankan sumberdaya milik bersama dari penggunaan berlebihan baik oleh masyarakat maupun pendatang yang diatur dalam pranata dan hukum adat.

Pendekatan pemberdayaan kearifan lokal diharapkan dapat menimbulkan terjadinya perubahan dasar perilaku sosial yang berkaitan dengan perilaku konservasi air dan tanah. Perubahan tersebut hanya dapat terlaksana apabila secara penuh didasarkan pada kesadaran, keikhlasan, dan kesungguhan dari seluruh pihak (stakeholders) dalam proses mobilisasi sosial. Menurut Njurumana, G. N. (2007) bahwa peran kelembagaan dan kearifan lokal sangat diharapkan dalam mendukung terwujudnya partisipasi masyarakat dalam mengembangkan konservasi tanah dan air. Perubahan perilaku dan struktur sosial dalam hal ini berkaitan dengan nilai, norma, dan pranata yang menjadi nafas kehidupan masyarakat ke arah yang lebih baik kedepannya. Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk mempertahankannya semangat komunitas adat melalui berbagai tenaga penggerak seperti pemerintah, ahli lingkungan, dan tokoh agama. Partisipasi masyarakat menuju masyarakat yang arif dan bijaksana terhadap lingkungan. konservasi air dan tanah antara lain meningkatkan partisipasi masyarakat dengan membangun dialog dan kesepakatan dengan instansi pemerintah dan pihak-pihak terkait serta menyelenggarakan penyuluhan, pendampingan, dan pelatihan kepada masyarakat dalam pemanfaatan dan pelestarian sumber daya air dan tanah.

Daftar Pustaka

- Maria, R., Lestiana, H., & Mulyono, A. (2012). Upaya konservasi tanah dan air dengan agroforestri di Subang Selatan. *Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI*, 167.
- Njurumana, G. N. (2007). Konservasi Tanah dan Air Berbasis Masyarakat di Nusa Tenggara Timur: Studi Kasus di Desa Ramuk, Kabupaten Sumba Timur. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 4(1), 1-15.
- Sallata, M. K. (2015). Konservasi dan pengelolaan sumber daya air berdasarkan keberadaannya sebagai sumber daya alam. *Buletin Eboni*, 12(1), 75-86.
- Saputri, W. E., & Setiawan, A. R. (2020). Potret Pelestarian Lingkungan Alam Berdasarkan Kearifan Lokal Masyarakat Colo (No. f9umc). *Center for Open Science*.
- Sufia, R., Sumarmi, S., & Amirudin, A. (2016). Kearifan lokal dalam melestarikan lingkungan hidup (studi kasus masyarakat adat Desa Kemiren Kecamatan Glagah Kabupaten Banyuwangi). *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 1(4), 726-731.

Profil Penulis



Aprianto Soni, M.Pd

Lahir di Desa Kali (Bengkulu Utara) pada tanggal 14 Januari 1988. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Pendidikan Geografi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Prof. Dr. Hazairin, S.H Bengkulu Tahun 2012. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Pendidikan Geografi, Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia tahun 2019. Penulis bekerja sebagai Dosen Tetap di Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Amal Ilmiah Yapis Wamena Propinsi Papua Pegunungan pada September 2020 s/d sekarang. Penulis aktif dalam penulisan buku, penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Penulis aktif mempublikasi artikel ilmiah bereputasi dan telah memiliki beberapa HKI dalam penulisan buku. Sampai saat ini penulis juga aktif dalam penulisan buku ajar dan book chapter.

Email Penulis : aprianto1488@gmail.com

- 1 KONSEP DASAR PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
Muhammad Ramdhan Oliy
- 2 SISTEM DAN INFRASTRUKTUR SUMBER DAYA AIR
Humairo Saidah
- 3 KOMPONEN SUMBER DAYA AIR
Kemala Hadidjah
- 4 POTENSI SUMBER DAYA AIR
Rahmad Hidayat Boli
- 5 PENGOPERASIAN WADUK
Septiono Bangun Sugiharto
- 6 KONSERVASI SUMBER DAYA AIR
Any Nurhasanah
- 7 BANJIR
Aptu Andy Kurniawan
- 8 KEKERINGAN
Mariati Indah Lestari
- 9 KUALITAS AIR
Safrudin Tolinggi
- 10 PERENCANAAN SUMBER DAYA AIR
Susilowati
- 11 TEKNIK OPTIMALISASI SUMBER DAYA AIR
Jemmy J. S. Dethan
- 12 REGULASI PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
Badrun Ahmad
- 13 KONSERVASI DAERAH TANGKAPAN AIR BERBASIS KEARIFAN LOKAL
Aprianto Soni

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 978-623-195-688-0 (PDF)



9 786231 956880