

PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR

PENULIS :

- Fitria Fatma
- Erna Tri Asmorowati
- Marlia Mamede
- Bambang Suhartawan
- Muhammad Chaerul
- Lieza Corsita
- Erika Herliana
- Arifin Daud
- Citra Indriyati
- Winda Suryani Intifada
- Deswidya S Hutaruk
- Annisa Bias Cahyanurani



ISBN 978-623-8051-09-0



9 786238 051090

PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR

**Fitria Fatma
Erna Tri Asmorowati
Marlia Mamede
Bambang Suhartawan
Muhammad Chaerul
Lieza Corsita
Erika Herliana
Arifin Daud
Citra Indriyati
Winda Suryani Intifada
Deswidya S Hutaruk
Annisa Bias Cahyanurani**



PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI

PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR

Penulis:

Fitria Fatma
Erna Tri Asmorowati
Marlia Mamede
Bambang Suhartawan
Muhammad Chaerul
Lieza Corsita
Erika Herliana
Arifin Daud
Citra Indriyati
Winda Suryani Intifada
Deswidya S Hutaruk
Annisa Bias Cahyanurani

ISBN: 978-623-8051-09-0

Editor:

Mila Sari, M.Si.

Penyunting: Yuliatr Novita, M.Hum.

Desain Sampul dan Tata Letak: Handri Maika Saputra, S.ST

Penerbit: PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jl. Pasir Sebelah No. 30 RT 002 RW 001
Kelurahan Pasie Nan Tigo Kecamatan Koto Tangah
Padang Sumatera Barat

Website : www.globaleksekutifteknologi.co.id

Email : globaleksekutifteknologi@gmail.com

Cetakan pertama, November 2022

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji kepada Allah SWT atas ridho-Nya sehingga buku kolaborasi dengan judul Pengelolaan Sumber Daya Air dapat diselesaikan. Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan. Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan, mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Penulis, November 2022

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB 1 LATAR BELAKANG SUMBER DAYA AIR	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Pengertian Sumber Daya Air	2
1.3 Masalah Pengelolaan Sumber Daya Air	6
1.4 Mengapa Perlu PSDA.....	8
1.5 Pengelolaan Sumber Daya Air	9
BAB 2 PERATURAN PERUNDANGAN PENGELOLAAN SUMBER DAYA	
AIR	13
2.1 Pendahuluan	13
2.2 Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu.....	14
2.2.1. Sumber Daya Air	14
2.3. Dasar-dasar Pengelolaan Sumber Daya Air	14
2.3. Pengelolaan SDA Berdasarkan Undang-Undang No 17 Tahun	
2019.....	15
2.3.1 Konservasi Sumber Daya Air	18
2.3.2 Pendaaygunaan Sumber Air	19
2.3.3 Pengendalian daya rusak air	20
2.3.4 Tahapan Pengelolaan Sumber Daya Air	21
BAB 3 SIKLUS HIDROLOGI	25
3.1 Pendahuluan	25
3.2 Siklus Hidrologi	27
3.2.1 Jenis – Jenis Siklus Hidrologi.....	30
3.2.2 Presipitasi dan Kondensasi	33
3.2.3 Evapotranspirasi.....	34
3.2.4 Infiltrasi	36
3.2.5 Aliran Permukaan (Run Off)	37
3.2.6 Daerah Aliran Sungai	38
3.2.7 Air Tanah	39
3.2.8 Perairan Darat.....	39
BAB 4 SUMBER DAYA AIR DI ALAM DAN PENCEMARAN.....	43
4.1 Pendahuluan	43
4.2 Sumber air di alam.....	48
4.2.1 Air Laut	48
4.2.2 Air Hujan.....	48

4.2.2 Air Permukaan	49
4.3 Pencemaran Air	50
4.3.1 Pencemaran Fisika	51
4.3.2 Pencemaran Kimia	51
4.3.3 Pencemaran Biologi.....	51
BAB 5 PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS)	63
5.1 Pendahuluan	63
5.2 Pemberdayaan Masyarakat Dalam Pengelolaan DAS.....	64
5.3 Pengelolaan DAS Terpadu.....	67
BAB 6 PENGELOLAAN AIR TANAH	73
6.1 Air Tanah	73
6.2. Karakteristik Akifer.....	78
6.3 Gerakan Air Tanah	81
6.4 Pengambilan Air Tanah.....	83
6.5 Dampak Lingkungan Pengambilan Air Tanah	84
6.6 Fluktuasi Tinggi Muka Air Tanah dan Pasokan Air Tanah	86
6.7 Daerah Resapan Buatan.....	87
BAB 7 PERENCANAAN KEBUTUHAN AIR.....	95
7.1 Pendahuluan	95
7.2 Kebutuhan Air Berbagai Sektor.....	95
7.2.1 Kebutuhan Air Irigasi.....	97
7.2.2 Kebutuhan Air Rumah Tangga, Perkotaan, dan Industri (RKI)	101
7.2.3 Kebutuhan Air Peternakan	105
7.2.4 Kebutuhan Air Perikanan	106
7.2.5 Kebutuhan Air Pemeliharaan Sungai	106
7.3 Neraca Sumber Daya Air	106
7.3.1 Indeks Pemakaian Air	107
7.3.2 Indeks Ketersediaan Air	108
7.3.3 Penyajian Data Neraca Sumber Daya Air	109
BAB 8 KARAKTERISTIK DAN BADAN AIR	113
8.1 Pendahuluan	113
8.2 Karakteristik Air	113
8.3 Badan Air	115
8.3.1 Lautan.....	115
8.3.2 Laut.....	116
8.3.3 Teluk.....	117
8.3.4 Sungai	117
8.3.5 Danau	119
8.3.6 Kolam	119
8.3.7 Laguna.....	119

8.3.8 Saluran	119
BAB 9 PELUANG, TANTANGAN DAN HAMBATAN PENGELOLAAN	
SUMBER DAYA AIR	123
9.1 Pengelolaan Sumber Daya Air	123
9.2 Pentingnya Konservasi dan Pengelolaan Sumber Daya Air	124
9.3 Komponen dan Teknik Pengelolaan Sumber Daya Air.....	125
9.4 Peluang dan Hambatan Pengelolaan Sumber Daya Air.....	126
9.5 Tantangan Pengelolaan Sumber Daya Air.....	127
BAB 10 PENGELOLAAN AIR SECARA FISIK	131
10.1 Pendahuluan	131
10.2 Pengelolaan Air Secara Fisik.....	132
10.2.1 Padatan Tersuspensi.....	132
10.2.3 Sedimentasi.....	134
10.2.4 Tipe Sedimentasi	134
10.3 Filtrasi.....	137
10.3.1 Jenis Unit Filtrasi.....	138
10.4 Kesimpulan	139
BAB 11 PENGELOLAAN AIR SECARA BIOLOGI	143
11.1 Pendahuluan	143
11.2 Pengertian Pengelolaan Air Secara Biologi	144
11.3 Pengaruh mikro organisme dalam proses pengolahan air secara biologi.....	145
11.4 Proses pengelolaan air secara biologi	146
11.4.1 Pengelolaan air dengan Aerob Proses Batch	146
11.4.2 Pengelolaan air dengan Tricking Filter dan Rotating Biological Contactor (RBC).....	147
11.4.3 Pengelolaan air dengan Moving Bed System Contact Media.....	149
11.4.4 Pengolahan air dengan Reaktor Anaerobik Lekat Diam.....	150
10.4.5 Pengolahan air dengan Desain Mobile Menggunakan Membran Ultrafiltrasi.....	150
10.4.6 Pengolahan air dengan Biofilm Tercelep	151
BAB 12 MENGEMBALIKAN KUALITAS AIR SUNGAI (MORATORIUM	
PENCEMARAN LIMBAH	157
12.1 Pendahuluan	157
12.2 Peraturan Terkait Kualitas Air Sungai	160
12.2.1 Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup	160
12.2.2 Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai	161

12.2.3 Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air	162
12.3 Restorasi Kualitas Air Sungai	162
12.3.1 Restorasi Hidrologi	164
12.3.2 Restorasi Ekologi	167
12.3.3 Restorasi Morfologi.....	173
12.3.4 Restorasi Sosial Ekonomi dan Budaya	174
12.3.5 Restorasi Peraturan dan Kelembagaan	175
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perbedaan Transpirasi dan Evaporasi	38
Tabel 3.1 Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya	52
Tabel 3.2 Baku Mutu Air Danau dan Sejenisnya.....	56
Tabel 7.1 Kebutuhan air baku rumah tangga per orang per hari berdasarkan kategori kota.....	102
Tabel 7.2 Kebutuhan air untuk ternak	105
Tabel 7.3 Indeks Pemakaian Air	107
Tabel 7.4 Indeks Ketersediaan Air	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Skema lingkup pengelolaan SDA	10
Gambar 3.1 Komposisi Air di Bumi	26
Gambar 3.2 Proses Perjalanan Air dalam Siklus Hidrologi.....	29
Gambar 3.3. Siklus Pendek.....	30
Gambar 3.4. Siklus Sedang.....	31
Gambar 3.5. Siklus Panjang	32
Gambar 3.6 Proses Presipitasi dan Kondensasi.....	33
Gambar 3.7 Proses Infiltrasi	37
Gambar 3.8 Proses Run Off.....	38
Gambar 4.1 Skema perubahan wujud air.....	43
Gambar 4.2 Siklus Hidrologi Pendek.....	45
Gambar 4.3 Siklus Hidrologi Sedang.....	46
Gambar 4.4 Siklus Hidrologi Panjang.....	47
Gambar 6.1 Akifer bebas dan akifer terkekang.....	76
Gambar 6.2 Alat Pemantauan otomatis fluktuasi tinggi muka air tanah	77
Gambar 6.3 Karakteristik air tanah dan perubahan tinggi muka air tanah	78
Gambar 6.4 Ilustrasi diagram kedudukan air tanah.....	82
Gambar 6.5 perubahan tinggi permukaan air sebagai akibat kegiatan pemompaan air tanah.....	82
Gambar 6.6 Pengaruh pembuangan air terhadap penurunan tinggi permukaan air tanah	83
Gambar 6.7 Daerah dekat laut, air tanah tawar berkedudukan di atas air asin/laut. Ketinggian lapisan air tanah tawar di atas permukaan air asin sama dengan seper empat pulu dari kedalaman air tanah tawar. B. Pengambilan lebih air tanah tawar akan mengakibatkan melengkungnya muaka air tanah di kedua batas air tanah (atas dan bawah), dan pada giliranya dapat mengakibatkan ilustrasi air laut ke sumur-sumur pengambilan air tanah.....	85
Gambar 6.8 skema daerah resapan buatan	88
Gambar 6.9 Pemasokan air tanah padab akifer dangkal dengan cara pembuatan saluran terbuka dan saluran pembuangan (drains).....	89
Gambar 6.10 Pemasok air tanah pada akifer dalam dengan cara kolam infiltrasi	90
Gambar 6.11 Skema penampang melintang yang menunjukkan aliran air infiltrasi ke dalam akifer homogeny	91

Gambar 8.1 Teluk Tomini.....	117
Gambar 8.2 Sungai Kahayan.....	118
Gambar 8.3 Danau Angi Gigi.....	119
Gambar 8.4 Saluran Air.....	120
Gambar 10.1 Unit Prasedimentasi.....	134
Gambar 10.2 Unit Sedimentasi Bujur Sangkar.....	136
Gambar 10.3 Unit Sedimentasi Lingkaran.....	136
Gambar 10.4 Unit Pengolahan Filter.....	138
Gambar 11.1 Metode aerasi dengan sistem biofilm tercelup.....	152
Gambar 12.1 Restorasi Kuantitas Air Sungai.....	167
Gambar 12.2 Tiga zona ekologi (zona akuatik, zona riparian dan zona upland)	168
Gambar 12.3 Vegetasi Zona Akuatik.....	169
Gambar 12.4 Vegetasi Zona Riparian.....	172
Gambar 12.5 Vegetasi Zona Upland.....	173

BAB 1

LATAR BELAKANG SUMBER DAYA AIR

Oleh Fitria Fatma

1.1 Pendahuluan

Air salah satu sumber daya alam terpenting dalam kehidupan. Air merupakan sumber bagi hidup dan kehidupan manusia. Kebutuhan manusia akan air selalu mengalami peningkatan dari waktu ke waktu, bukan saja karena meningkatnya jumlah manusia yang memerlukan air tersebut, melainkan juga karena meningkatnya intensitas dan ragam dari kebutuhan akan air. Masalah keterbatasan air baik kualitas maupun kuantitas menjadi masalah yang sangat penting tidak hanya nasional tetapi dalam tataran global. Untuk itu Sumberdaya Air wajib dikelola secara baik dengan memperhatikan fungsi sosial, lingkungan hidup, dan ekonomi secara selaras. (Arsyad, 2017)

Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) adalah proses yang ditujukan untuk meningkatkan pengembangan dan pengelolaan air, lahan dan sumber daya terkait secara terkoordinasi demi tercapainya kesejahteraan ekonomi dan sosial yang maksimum dengan cara yang adil dan secara mutlak mempertahankan keberlanjutan ekosistem yang vital. (Triastianti *et al.*, 2018)

Kependudukan, permukiman dan pencemaran, sampah, DAS kritis, kekeringan, banjir adalah masalah-masalah yang

sering dan cenderung rutin muncul dan ini semua memerlukan pengelolaan yang terpadu menyeluruh dan berkesinambungan melalui Pengelolaan Sumber Daya Air. (Wulandari and Ilyas, 2019)

Untuk mendapatkan keseimbangan antara peningkatan atau pertumbuhan penduduk beserta kegiatannya dengan potensi sumber air yang ada, maka diperlukan suatu pengaturan yang terkait dengan sisi kebutuhan air akibat dari sebagai berikut :

1. Jumlah penduduk yang makin meningkat,
2. Peningkatan aktivitas dan kebutuhan ekonomi serta sosial budaya.

Selain itu, dari sisi ketersediaan air, yakni :

1. Ketersediaan air relative konstan
2. Kualitas cenderung menurun. Air dan sumber-sumber air perlu : dilindungi dan dijaga kelestariannya agar dapat didayaguna secara berkelanjutan.

1.2 Pengertian Sumber Daya Air

Pelaksanaan pembangunan jangka panjang dengan memanfaatkan sumber daya alam, termasuk sumber daya air, harus digunakan secara rasional. Dalam arti bahwa pemanfaatan sumber daya air, khususnya air tanah, harus diusahakan agar tidak merusak tata lingkungan hidup, dilaksanakan dengan kebijakan menyeluruh dengan memperhitungkan kebutuhan yang akan datang. Pengelolaan sumber daya alam termasuk pengelolaan sumber air harus dipelihara kelestarian, dijaga tingkat kualitas dan kuantitas air sehingga akan terus lestari untuk kebutuhan manusia di masa yang akan datang sehingga pemanfaatan sumber air tanah dapat dikatakan berwawasan lingkungan dan berkelanjutan, serta perlu kebijakan. (Hidayati, 2017)

Kebijakan pengelolaan sumber daya air adalah arahan strategis dalam poengelolaan sumber daya air. Kebijakan pengelolaan sumber daya air mencakup aspek konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, pengendalian daya rusak air, dan sistem informasi sumber daya air, yang disusun dengan memperhatikan kondisi wilayah masing-masing. Peraturan dan perundang-undangan yang terkait dengan penyusunan pola pengelolaan sumber daya air meliputi Undang-Undang Dasar 1945. (Neno, Harijanto and Wahid., 2016)

Menurut Undang-Undang No. 7 tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, 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. Konservasi sumber daya air meliputi upaya memelihara keberadaan serta keberlanjutan keadaan, sifat, dan fungsi sumber daya air agar senantiasa tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, baik pada waktu sekarang maupun yang akan datang. Pendayagunaan sumberdaya air meliputi upaya penatagunaan, penyediaan, penggunaan, pengembangan, dan **pengusahaan** sumber daya air secara optimal agar berhasil guna dan berdaya guna. (Neno, Harijanto and Wahid., 2016)

Terkait dengan air dan sumber daya air dapat didefinisikan sebagai berikut :

1. 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.
2. Sumber daya air adalah air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya.

3. Air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini adalah air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat.
4. Air permukaan adalah semua air yang terdapat pada permukaan tanah.
5. Air tanah adalah semua air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah.
6. Sumber air adalah tempat atau wadah air alami dan atau buatan yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah.
7. Pola Pengelolaan Sumber Daya Air merupakan dokumen yang digunakan sebagai pedoman bagi seluruh pemangku kepentingan (stakeholders), serta berisikan mengenai dasar-dasar pertimbangan pengelolaan sumber daya air, skenario kondisi wilayah sungai pada masa yang akan datang, strategi pengelolaan sumber daya air, dan kebijakan operasional
8. Konservasi sumber daya air adalah upaya memelihara keberadaan serta keberlanjutan keadaan, sifat, dan fungsi sumber daya air agar senantiasa tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup baik pada waktu sekarang maupun generasi yang akan datang.
9. Pendayagunaan sumber daya air adalah upaya penatagunaan, penyediaan, penggunaan, pengembangan, dan pengusahaan sumber daya air secara optimal agar berhasil guna dan berdaya guna.
10. Pengendalian daya rusak air adalah upaya untuk mencegah, menanggulangi, dan memulihkan kerusakan kualitas lingkungan yang disebabkan oleh daya rusak air.

11. Daya rusak air adalah daya air yang dapat merugikan kehidupan.
12. Wilayah sungai adalah kesatuan wilayah pengelolaan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai dan atau pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000 km²
13. Daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungai, yang berfungsi pada Pengelolaan Sumber Daya Air
14. Cekungan air tanah adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologi, seperti proses pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung.
15. Pelindungan sumber air adalah upaya pengamanan sumber air dari kerusakan yang ditimbulkan baik akibat tindakan manusia maupun gangguan yang disebabkan oleh daya alam.
16. Pengawetan air adalah upaya pemeliharaan keberadaan dan ketersediaan air atau kuantitas air agar tersedia sesuai dengan fungsi dan manfaatnya.
17. Pengelolaan kualitas air adalah upaya mempertahankan dan memulihkan kualitas air yang masuk dan yang berada di sumber air.
18. Zona pemanfaatan sumber air adalah ruang pada sumber air yang dialokasikan baik sebagai fungsi lindung maupun sebagai fungsi budi daya.
19. Peruntukan air adalah penggolongan air pada sumber air menurut jenis penggunaannya.
20. Penyediaan sumber daya air adalah penentuan dan pemenuhan volume air per satuan waktu untuk memenuhi kebutuhan air dan daya air serta memenuhi

berbagai keperluan sesuai dengan kualitas dan kuantitas.

21. Penggunaan sumber daya air adalah pemanfaatan sumber daya air dan prasarannya sebagai media dan atau materi.
22. Prasarana sumber daya air adalah bangunan air beserta bangunan lain yang menunjang kegiatan pengelolaan sumber daya air baik langsung maupun tidak langsung.
23. Pengembangan sumber daya air adalah upaya peningkatan kemanfaatan fungsi sumber daya air guna memenuhi kebutuhan air baku untuk berbagai keperluan.
24. Wadah koordinasi pengelolaan sumber daya air adalah institusi tempat segenap pemilik kepentingan dalam bidang sumber daya air melakukan koordinasi dalam rangka mengintegrasikan kepentingan berbagai sektor, wilayah, dan para pemilik kepentingan dalam bidang sumber daya air.
25. Dewan Sumber Daya Air Nasional adalah wadah koordinasi pengelolaan sumber daya air tingkat nasional.

1.3 Masalah Pengelolaan Sumber Daya Air

Terdapat 3 (tiga) permasalahan pokok pada air sehingga kesulitan dalam melakukan PSDA (Arsyad, 2017) :

1. Masalah Umum Masalah umum ini mencakup :
 - a. Krisis Air
 - 1) Pertumbuhan penduduk, over eksploitasi
 - 2) Air terlalu banyak, terlalu sedikit, dan terlalu kotor
 - b. Krisis Perilaku
 - 1) Pencemaran
 - 2) Kerusakan ekosistem

- c. Krisis Penyelenggaraan Pengelolaan
 - 1) Sektoral, top down, tidak terlegitimasi
 - 2) Biaya pengelolaan ditanggung pemerintah

2. Masalah Aktual

a. Ketahanan Pangan

Pangan merupakan kebutuhan dasar utama bagi manusia yang harus dipenuhi setiap saat. Hak untuk memperoleh pangan merupakan salah satu hak asasi manusia, sebagaimana tersebut dalam pasal 27 UUD 1945.

b. Pelayanan Air Bersih

Untuk mempercepat memenuhi kebutuhan air bersih bagi masyarakat, pemerintah perlu melibatkan pihak swasta dan masyarakat dalam menyelenggarakan pelayanan air bersih. Hal ini diperlukan sebagai amanat Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2005 tentang Sistem Pengembangan Air Minum, pada pasal 1 ayat 5 didalamnya tercantum bahwa masyarakat diperbolehkan ikut menyelenggarakan pelayanan air bersih

c. Banjir

Banjir merupakan fenomena alam ketika sungai tersebut tidak dapat menampung limpahan air hujan karena proses infiltrasi mengalami penurunan. Gejala banjir yang terasa semakin sering frekuensinya serta membesar dimensinya disebabkan karena degradasi Daerah Aliran Sungai yang menurunkan kapasitas infiltrasi dan meningkatnya koefisien aliran permukaan.

d. Pencemaran

Berbagai pencemaran lingkungan saat ini melanda di muka bumi akibat dari bertambahnya industri di mana banyak pabrik yang dibangun dan menyebabkan berbagai jenis polusi.

Pencemaran air adalah perubahan zat atau kandungan di dalam air baik itu air yang ada di sungai, danau ataupun air di lautan luas bahkan saat ini juga sudah terdapat pencemaran pada air tanah.

Dari pengamatan ternyata penyebab pencemaran air ini lebih banyak diakibatkan oleh ulah manusia.

e. Degradasi DAS

Dengan adanya penambahan penduduk memerlukan lahan baik untuk kegiatan pertanian, perumahan, industri dan lain-lain yang akan menyebabkan perubahan penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan yang paling besar pengaruhnya terhadap kelestarian sumber daya air adalah perubahan dari kawasan hutan ke penggunaan lainnya seperti pertanian, perumahan, ataupun industri. Apabila kegiatan tersebut tidak segera dikelola dengan baik, maka akan menyebabkan kelebihan air pada saat musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau.

1.4 Mengapa Perlu PSDA

Kebutuhan air sangat meningkat pada kehidupan manusia, mengingat air mempunyai beberapa fungsi baik fungsi sosial-budaya, ekonomi dan lingkungan yang masing dapat saling bertentangan. (Neno, Harijanto and Wahid., 2016)

1. Ketersediaan air alamiah Indonesia mencapai 1,957 M m³/th, namun penyebarannya tidak merata.
2. Saat ini Pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara telah defisit air.

3. 93 WS dari 133 WS di Indonesia dipakai bersama/lintas negara, provinsi, kabupaten/kota.
4. Hampir semua sungai di Jawa, Bali tercemar dan meningkatkan timbulnya penyakit.
5. 90% bencana alam pada tahun 1990-an terkait dengan air.
6. Peningkatan jumlah penduduk akan menjadi penggerak utama pengelolaan sumber daya air untuk 50 tahun mendatang.

1.5 Pengelolaan Sumber Daya Air

Lingkup Pengelolaan SDA Terpadu merangkum suatu upaya-upaya (merencanakan, melaksanakan, memantau dan mengevaluasi) dalam penyelenggaraan konservasi, pendayagunaan, pengendalian daya rusak SDA, dengan tujuan (Neno, Harijanto and Wahid., 2016) (Akhmaddhian, 2017) :

1. Menjaga kelangsungan keberadaan daya dukung, daya tampung, daya fungsi SDA,
2. Memanfaatkan SDA secara berkelanjutan dengan mengutamakan pemenuhan kebutuhan pokok kehidupan masyarakat secara adil,
3. Mencegah, menanggulangi, dan memulihkan akibat kerusakan kualitas lingkungan yang diakibatkan oleh daya rusak air.

Skema secara skematik dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 1.1 Skema lingkup pengelolaan SDA
 Sumber : (Arsyad, 2017)

Terdapat beberapa persyaratan dalam penerapan pengelolaan sumber daya air terpadu yaitu sebagai berikut (Triastianti *et al.*, 2018) :

1. Memiliki lembaga Pengelola SDA Wilayah Sungai yang handal dilandasi dasar hukum yang kuat, diterima para pemilik kepentingan dan memiliki SDM yang kompeten.
2. Memiliki kebijakan, pola dan rencana pengelolaan SDA.
3. Memiliki data, model, sistem, fasilitas pengelolaan SDA.
4. Memiliki wadah koordinasi dan komunikasi antar pemilik kepentingan sebagai perangkat manajemen partisipatif.
5. Memiliki Sasaran yang jelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmaddhian, S. 2017. Pengaruh Kebijakan Pemerintah Daerah Dalam Konservasi Sumber Daya Air Terhadap Kesadaran Lingkungan Masyarakat Kabupaten Kuningan. *UNIFIKASI: Jurnal Ilmu Hukum*, 4(1), pp. 1–13. doi: 10.25134/unifikasi.v4i1.477.
- Arsyad. 2017. Modul Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu Pelatihan Perencanaan Teknik Sungai. (32). Available at: https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/07/178cc_03_Modul_3_Pengelolaan_Sumber_Daya_Air_Terpadu.docx.
- Hidayati, D. 2017. Memudarnya Nilai Kearifan Lokal Masyarakat Dalam Pengelolaan Sumber Daya Air', *Jurnal Kependudukan Indonesia*, 11(1), p. 39. doi: 10.14203/jki.v11i1.36.
- Neno, A. K., Harijanto, H. and Wahid, A. 2016. Hubungan Debit Air dan Tinggi Muka Air di Sungai Lambagu Kecamatan Tawaeli Kota Palu. *Warta Rimba*, 4(2), pp. 1–8.
- Triastianti, R. D. *et al.* 2018. Konservasi Sumber Daya Air Dan Lingkungan Melalui Kearifan Lokal Di Desa Margodadi Kecamatan Seyegan Kabupaten Sleman Yogyakarta. *Jurnal Kawistara*, 7(3), p. 285. doi: 10.22146/kawistara.15391.
- Wulandari, A. S. R. and Ilyas, A. 2019. Pengelolaan Sumber Daya Air di Indonesia : Tata Pengurusan Air dalam Bingkai Otonomi Daerah', *Jurnal Gema Keadilan*, 6(3), pp. 287–299.

BAB 2

PERATURAN PERUNDANGAN PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR

Oleh Erna Tri Asmorowati

2.1 Pendahuluan

Kita tidak dapat memungkiri bahwa air merupakan kebutuhan utama kehidupan makhluk hidup di bumi ini. Air memiliki nilai penting dalam peradaban manusia, pertumbuhan ekonomi, perkembangan sosial dan keamanan ekologis. Namun saat ini krisis air menjadi permasalahan global disebabkan karena pertumbuhan penduduk yang cepat, urbanisasi, peningkatan pembangunan ekonomi, inovasi teknologi yang belum pernah terjadi sebelumnya, perubahan tutupan lahan yang drastis, dan perubahan iklim (The World Economic Forum, 2013). Secara global, hampir 0,25% atau sekitar 2 milyar penduduk dunia tidak mempunyai akses air minum dan empat milyar lainnya tidak mempunyai akses ke sanitasi layak. Selain kuantitas, air juga mengalami ancaman secara kualitas akibat tercemarnya badan air. Lebih dari 80% air limbah industri dan kota dibuang ke sungai atau lautan tanpa pengolahan apa pun, yang menyebabkan 800.000 kematian pada tahun 2012 saja dan berdampak negatif pada perikanan, mata pencaharian, dan rantai makanan (Chansheng He; Carol P. Harden; Yanxu Liu, 2013).

Hal tersebut tentunya akan membuat kita berpikir bagaimana pemenuhan air di masa depan ditengah perubahan iklim yang terjadi saat ini ? Dalam menghadapi krisis ini, sumber daya air dan pengelolaannya memainkan peran kunci dalam mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable*

Development Goals) yang dicanangkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa.

2.2 Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu

2.2.1. Sumber Daya Air

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 disebut daya air (Pemerintah Republik Indonesia, 2019).

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.

2.3. Dasar-dasar Pengelolaan Sumber Daya Air

Dasar filosofis pengelolaan sumberdaya air di Indonesia adalah bahwa sumber daya air adalah karunia Tuhan yang Maha Esa dan dipergunakan untuk mewujudkan kesejahteraan rakyat. Hal tersebut sesuai dengan Undang-Undang Dasar Republik Indonesia 1945 pasal 33 ayat 3. Pasal 33 ayat 2 Undang-undang Negara Republik Indonesia tahun 1945 menyatakan bahwa cabang-cabang produksi yang penting bagi negara dan menguasai hajat hidup orang banyak dikuasai oleh negara. Penguasaan disini diartikan bahwa negara diberi kekuasaan oleh konstitusi untuk mengatur dan mengurus secara penuh sumber daya alam termasuk air didalamnya melalui penyusunan pengaturan, pembuatan kebijakan, tindakan pengelolaan, pengurusan dan tindakan pengawasan. Sehingga negara dapat menjamin

pemenuhan hak atas air bagi setiap orang untuk pemenuhan kebutuhan sehari-hari.

Salah satu tujuan negara yang dicantumkan dalam pembukaan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 adalah menjamin kesejahteraan rakyat (Indonesia, 2018). Sumber daya air merupakan salah satu faktor yang dapat mewujudkan kesejahteraan masyarakat dimana sumber daya air juga mempunyai fungsi sosial, ekonomi dan lingkungan hidup.

2.3. Pengelolaan SDA Berdasarkan Undang-Undang No 17 Tahun 2019

Undang-undang Sumber Daya Air no 17 tahun 2019 disahkan di Jakarta pada tanggal 15 Oktober 2019 oleh Presiden Joko Widodo. Sebelum Undang-Undang no 17 Tahun 2019 disahkan, pengelolaan SDA mengacu pada Undang-Undang no 7 tahun 2014 akan tetapi Undang-undang tersebut dibatalkan oleh Mahkamah Agung dengan pertimbangan bahwa Undang-Undang no 7 tahun 2014 bertentangan dengan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 dan tidak memiliki kekuatan hukum mengikat. Dengan dibatalkannya Undang-Undang no 7 tahun 2014 maka Mahkamah Agung memberlakukan kembali Undang-Undang no 11 tahun 1974 tentang Pengairan. Namun seiring dengan pertumbuhan penduduk dan meningkatnya pembangunan wilayah secara masif yang tentunya akan berpengaruh terhadap pengelolaan sumber daya air dirasa undang-undang no 11 tahun 1974 belum dapat memenuhi kebutuhan payung hukum atas perkembangan tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan suatu undang-undang yang dapat menyempurnakan kebutuhan payung hukum pengelolaan sumber daya air di Indonesia sehingga pemerintah mengesahkan Undang-undang No 17 tahun 2019 tentang Sumber daya Air.

Undang-undang No 17 tahun 2019 terdiri dari 16 (enam belas bab), 79 (tujuh puluh sembilan pasal) dan penjelasan. Dalam

UU no 17 tahun 2019 Pengelolaan sumber daya air terdapat pada bab V dan dibagi dalam 5 (lima) bagian meliputi :

1. Bagian I : umum meliputi pasal 21-23
2. Bagian ke II : Konservasi sumber daya air meliputi pasal 24-27
3. Bagian III : Pendayagunaan sumber daya air meliputi pasal 28-34.
4. Bagian IV : Pengendalian daya rusak air meliputi pasal 35-37.
5. Bagian V : Tahapan pengelolaan sumber daya air dibagi dalam 4 (empat paragraf) yaitu :
 - Paragraf 1 : Umum, pasal 38
 - Paragraf 2 : Perencanaan Pengelolaan Sumber Daya Air, pasal 39
 - Paragraf 3 : Pelaksanaan Konstruksi Prasarana Sumber Daya Air Dan Pelaksanaan Non Konstruksi, pasal 40
 - Paragraf 4 : Pelaksanaan Operasi Dan Pemeliharaan Sumber Daya Air, pasal 41 – 42
 - Paragraf 5 : Pemantauan dan Evaluasi Pengelolaan Sumber Daya Air, pasal 43

Dalam bab V disebutkan bahwa sumber daya air dikelola secara terpadu, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Menurut Kodoatie (2008), pengelolaan sumber daya air terpadu merupakan penanganan integral yang mengarahkan kita dari pengelolaan sub sektor ke sektor silang. Sedangkan menurut *Global Water Partnership* (2001) pengelolaan sumber daya air terpadu didefinisikan sebagai suatu proses yang mengembangkan koordinasi pengembangan dan pengelolaan air, tanah, dan sumber daya air terkait dalam rangka tujuan untuk mengoptimalkan dampak ekonomi dan kesejahteraan sosial dalam sikap yang tepat tanpa mengganggu kestabilan dari ekosistem-ekosistem penting.

Untuk menunjang hal tersebut Global Water Partnership menawarkan konsep pengelolaan sumber daya air terpadu yang dituangkan dalam 3 (tiga) kerangka penting yaitu :

1. *The enabling environment* dapat diterjemahkan sebagai substansi pokok yang membuat pengelolaan dilakukan dengan cara-cara, strategi dan langkah-langkah ideal yang tepat sehingga tercapai tujuan pengelolaan yang optimal. Hal-hal yang termasuk dalam kerangka ini adalah kebijakan, kerangka kerja legislatif dan keuangan.

Kebijakan sumber daya air secara spesifik di Indonesia dituangkan dalam Undang-undang No 17 tahun 2019 tentang Sumber Daya Air. Terdapat beberapa kebijakan diluar bidang sumber daya air yang dapat berdampak dan terkait dengan pengelolaan sumber daya air misalnya:

- a. Undang-Undang No 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.
- b. Peraturan Pemerintah No 21 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Penataan Ruang.
- c. Undang-undang No 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- d. Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- e. Undang-Undang No 1 Tahun 2022 Tentang Hubungan Keuangan Antara Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah.
- f. Undang-Undang No 11 Tahun 2020 Tentang Cipta Kerja

Dari sini nampak bahwa perlu adanya koordinasi antar departemen, badan pengelola sumber daya air dari tingkat pusat sampai daerah serta koordinasi di tingkat lokal maupun regional.

2. Kerangka Kerja Legislatif diartikan bahwa perlunya peraturan perundang-undangan yang dapat dijadikan sebagai acuan hukum yang mempunyai peran sebagai rambu-rambu yang harus dipatuhi oleh semua pihak. Seiring dengan berubahnya waktu dan kondisi, peraturan perundang-undangan dapat disesuaikan dengan kondisi yang ada.
3. Finansial, faktor finansial memegang peranan penting dalam mewujudkan pengelolaan sumber daya air. Biaya-biaya yang diperlukan dalam pengelolaan sumber daya air meliputi : biaya modal/investasi dan biaya tahunan yang merupakan biaya operasi dan pemeliharaan.

2.3.1 Konservasi Sumber Daya Air

Kegiatan konservasi sumber daya air mengacu pada pola pengelolaan sumber daya air yang telah ditetapkan pada setiap satuan wilayah sungai dan sebagai dasar dalam perencanaan tata ruang. Kegiatan-kegiatan yang termasuk dalam konservasi sumber daya air adalah (Kondoatie,2008) :

- a. Perlindungan dan pelestarian sumber air
Kegiatan dalam perlindungan dan pelestarian sumber air dapat dilakukan secara vegetatif maupun teknis. Dimana kegiatan secara vegetatif merupakan upaya konservasi sumber daya air melalui penanaman tanaman atau pepohonan yang sesuai dengan daerah tangkapan airnya. Sedangkan kegiatan secara teknis dilakukan dengan membangun infrastruktur yang dapat melindungi sumber air misalnya bangunan penahan sedimen, pembauatan sengkedan dan perkuatan tebing. Baik kegiatan vegetatif maupun teknis harus dilakukan sesuai dengan kondisi sosial, budaya dan ekonomi masyarakat setempat.
- b. Pengaawetan air

- Kegiatan-kegiatan dalam upaya pengawetan air diantaranya adalah pemanenan air hujan (*rain water harvesting*), penghematan pemakaian air dan pengendalian penggunaan air tanah.
- c. Pengelolaan kualitas dan pengendalian pencemaran air
Kualitas sumber air perlu dijaga untuk meningkatkan taraf hidup masyarakat. Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk pengelolaan kualitas air adalah memperbaiki kualitas sumber air dan prasarana sumber air. Mencegah masuknya bahan pencemar ke dalam sumber air termasuk dalam kegiatan pengendalian pencemaran air. Pengendalian pencemaran air diatur dalam Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
 - d. Larangan kegiatan yang merusak sumber air.
Sumber air dikatakan rusak apabila fungsi air mengalami penurunan atau berkurang. Agar fungsi air tetap maka setiap individu atau badan usaha dilarang melakukan kegiatan yang dapat merusak sumber air.
 - e. Pelaksanaan konservasi dilakukan pada semua sumber air baik air permukaan yang berada pada sungai, waduk, rawa maupun air tanah. Sedangkan untuk mata air yang berada dalam kawasan suaka alam diatur dalam peraturan perundang-undangan.

2.3.2 Pendayagunaan Sumber Air

Kegiatan pendayagunaan sumber air meliputi kegiatan :

1. Penatagunaan sumber daya air
2. Penyediaan sumber daya air
3. Penggunaan sumber daya air
4. Pengembangan sumber daya air

Pemenuhan air bagi kebutuhan pokok sehari-hari masyarakat merupakan prioritas utama pada kegiatan

pendayagunaan air. Sedaangkan kegiatan pemenuhan kebutuhan air irigasi untuk pertanian rakyat merupakan prioritas berikutnya. Pendayagunaan sumber daya air diatur dalam Pola Pengelolaan Sumber Daya Air dan Rencana Pola Pengelolaan Sumber Daya Air pada suatu wilayah sungai dengan tetap memperhatikan keseimbangan ekologi, ekonomi dan sosial budaya.

2.3.3 Pengendalian daya rusak air

Daya rusak air diartikan sebagai daya air yang dapat menimbulkan kerusakan atau kerugian yang meliputi kejadian:

1. Banjir
2. Erosi dan sedimentasi
3. Tanah longsor
4. Banjir lahar dingin
5. Perubahan sifat fisika, biologis dan kimiawi air
6. Terancam punahnya jenis tumbuhan dan hewan
7. Wabah penyakit
8. Land subsidence (tanah ambles)
9. Intrusi
10. Perembesan

Kegiatan pengendalian daya rusak air meliputi kegiatan upaya pencegahan, penanggulangan dan pemulihan. Tindakan pencegahan daya rusak air dapat melalui kegiatan pengelolaan daerah aliran sungai secara terpadu dari hulu hingga hilir, dengan melakukan upaya konservasi di daerah hulu dan pengendalian pendayagunaan air dibagian hilir. Kegiatan penanggulangan daya rusak air dapat dilakukan dengan kegiatan mitigasi bencana yang bertujuan untuk mengurangi beban penderitaan akibat bencana. Pemulihan kondisi dari daya rusak air dapat dilakukan melalui kegiatan rekonstruksi dan rehabilitasi.

Salah satu peraturan pemerintah yang berhubungan dengan pengendalian daya rusak air adalah Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 16/PRT/M/2013 Tahun

2013 tentang Pedoman Penanggulangan Darurat Bencana Akibat Daya Rusak Air.

2.3.4 Tahapan Pengelolaan Sumber Daya Air

Seperti yang disebutkan dalam undang-undang no 17 tahun 2019 tahapan pengelolaan sumber daya air meliputi kegiatan :

1. Perencanaan pengelolaan sumber daya air
Perencanaan pengelolaan sumber daya air dapat disusun baik oleh pemerintah pusat maupun pemerintah daerah sesuai dengan kewenangannya dan disusun berdasarkan wilayah sungai dengan tetap memperhatikan prinsip keterpaduan antar sektor dan antar wilayah serta keterkaitan antara penggunaan air permukaan dan air tanah. Rencana pola pengelolaan sumber daya air dapat dijadikan acuan dalam penyusunan tata ruang.
2. Pelaksanaan konstruksi Prasarana sumber daya air dan pelaksanaan nonkonstruksi. dapat dilakukan oleh pemerintah pusat maupun daerah sesuai dengan kewenangannya berdasarkan progam dan rencana kegiatan serta dapat melibatkan peran serta masyarakat. Kegiatan tersebut dilakukan dengan tetap mengikuti kriteria/standar yang berlaku, memanfaatkan teknologi dan sumber daya lokal serta tetap menjaga keselamatan, keamanan kerja dan keberlanjutan fungsi ekologis.
3. Pelaksanaan operasi dan pemeliharaan sumber daya air
Kegiatan operasi dan pemeliharaan sangat penting dilakukan untuk menjaga agar manfaat air tetap dapat dirasakan oleh rakyat. Kegiatan operasi dan pemeliharaan meliputi pengaturan, pelaksanaan, pemantauan dan evaluasi.
4. Pemantauan dan evaluasi pengelolaan sumber daya air.
Kegiatan ini dilakukan untuk memantau dan mengevaluasi ketiga kegiatan sebelumnya dimana hasilnya akan

digunakan sebagai bahan masukan perbaikan pengelolaan sumber daya air.

2.4. Pengelolaan SDA Pasca Undang-Undang Cipta Kerja

Tahun 2020 pemerintah meluncurkan Undang-undang Cipta Kerja Atu yang sering disebut dengan *omnibuslaw*. Beberapa undang-undang yang sedang berlaku di Indonesia mengalami perubahan demikian juga dengan undang-undang sumber daya air yang belum genap satu tahun pelaksanaannya.

Dalam Undang-Undang No 11 Tahun 2020 Tentang Cipta Kerja , beberapa pasal pada Undang-Undang No 17 Tahun 2019 diperbaharui dan diatur dalam BAB III Tentang Peningkatan Ekosistim Dan Kegiatan Berusaha .

Beberapa pasal yang diubah adalah pasal 8, pasal 9, pasal 12 , pasal 17, pasal 19, pasal 40, pasal 43, pasal 44, pasal 45, pasal 49, pasal 50, pasal 51, pasal 52, pasal 56, pasal 70 dan pasal 73.

Nampak disini bahwa tahapan pengelolaan sumber daya air pada Undang-Undang No 17 Tahun 2019 mengalami perubahan sebagai berikut :

Pasal 40 ayat (3) ditambahkan kalimat “berdasarkan norma, standar, prosedur dan kriteria yang ditetapkan oleh pemerintah pusat“

Pasal 43 ayat (4) ditambahkan kalimat “berdasarkan norma, standar, prosedur dan kriteria yang ditetapkan oleh pemerintah pusat“

Pengelolaan sumber daya air dalam undang-undang cipta kerja masih bersifat desentralistik dengan melalui pembentukan pengelola sumber daya air yang dapat berupa UPT kementrian/ UPT Daerah/ BUMN/BUMD dengan pembagian tugas dan kewenangan sesuai dengan norma, standar, prosedur dan kriteria yang ditetapkan oleh pemerintah pusat (Yuwono, 2020).

DAFTAR PUSTAKA

- Chansheng He; Carol P. Harden; Yanxu Liu. 2013. *Comparison of water resources management between China and the United States*. Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.geosus.2020.04.002.
- Global Water Partnership. 2011. *Integrated Water Resources Management*. GWP Box, Stockholm, Sweden.
- Indonesia, D. P. rakyat R. 2018. *Naskah Akademik Rancangan Undang-Undang Tentang Sumber Daya Air*'.
- J. Kodoatie, Robert.; Roestam Sjarief (2008). *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Yogyakarta : Penerbit Andi
- Pemerintah Republik Indonesia. 2019. Undang-undang (UU) Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air. *Jdih Bpk RI Database Peraturan*, (011594), p. 50. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/122742/uu-no-17-tahun-2019>.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2020. Undang-undang (UU) Nomor 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja, *Jdih BPK RI Database Peraturan*, (011594), p. 50. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/122742/uu-no-11-tahun-2020>.
- The World Economic Forum. 2013. *The Global Risks 2013*. Geneva Switzerland. doi: 10.1002/9781118739044.ch27.
- Yuwono, P. B. 2020. Kajian Singkat Undang-Undang 11 Tahun 2020 Tentang Cipta Kerja Terkait Amandemen Undang-Undang 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air. Available at: <https://jurnal.bpsdmd.jatengprov.go.id/index.php/jwp/article/view/17/9>.

BAB 3

SIKLUS HIDROLOGI

Oleh Marlia Mamede

3.1 Pendahuluan

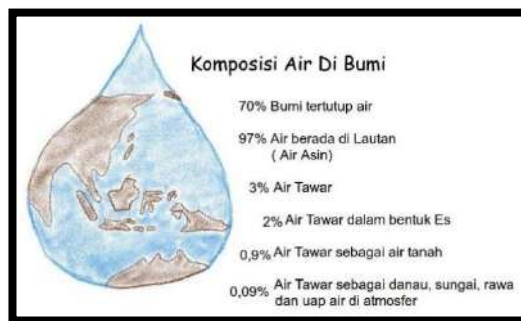
Air merupakan salah satu unsur yang sangat penting di muka bumi. Air dibutuhkan oleh seluruh makhluk hidup baik oleh manusia, tumbuhan, maupun hewan. Tanpa adanya air dapat dipastikan tidak ada kehidupan. Ilmu yang mempelajari tentang air adalah hidrologi. Hidrologi berasal dari bahasa Yunani, *Hydro* = Air, *Logia* = Ilmu, yang berarti Ilmu Air. Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air di bumi dalam segala bentukannya baik yang berupa cairan, padat, dan gas. Lebih lanjut, hidrologi juga mempelajari karakteristik air tersebut, baik sifat-sifat air, bentuk penyebarannya dan siklus air yang berlangsung di permukaan bumi.

Pendapat para ahli mengenai pengertian hidrologi. Menurut Singh (1992), menjelaskan hidrologi adalah ilmu yang membahas karakteristik kuantitas dan kualitas air di bumi, menurut ruang serta waktu proses hidrologi, pergerakan, penyebaran, sirkulasi keberadaan, eksplorasi, pengembangan maupun manajemen. Sedangkan menurut Linsley (1986) hidrologi adalah ilmu yang membicarakan tentang air di bumi baik mengenai kejadiannya, jenis – jenis sirkulasi, sifat kimia dan sifat fisika serta reaksinya terhadap lingkungan maupun kehidupan.

Bumi sebagian besar tertutup oleh air sebanyak 70 % air, 97 % air yang terdapat di bumi terasa asin tidak dapat di manfaatkan untuk konsumsi dalam rumah tangga atau sehari – hari. Antara 70 % air minum yang dapat di konsumsi dalam bentuk

batu es, kurang dari 1 % air yang terdapat di bumi siap untuk di manfaatkan secara langsung. Kandungan air yang terdapat di bumi kurang lebih 326 juta kubik mil Lembaga Survei Geologi Amerika (IPB Universitas).

Besarnya permukaan air di bumi ini tidak terlepas kaitannya dengan siklus air. Perputaran dan pergerakan air di permukaan bumi ini dikenal dengan istilah siklus hidrologi. Siklus hidrologi merupakan perputaran air di bumi, siklus air tidak pernah berhenti dan jumlah air di permukaan bumi tidak berkurang. Sebaran air di bumi meliputi air laut (97%), air tawar (3%). Air tawar dalam bentuk es dan salju (68.7%), air tanah (30.1%), air permukaan (0.3%) dan lainnya (0.9%). Air permukaan terdiri dari danau (87%), lahan basah/rawa (11%) dan sungai (2%) (Annisa, 2020)



Gambar 3.1 Komposisi Air di Bumi

(Sumber : agil-asshofie.blogspot.com)

Hidrologi merupakan ilmu yang sangat penting untuk di ketahui. Permasalahan sumber daya air yang saat ini sering muncul sehingga membutuhkan analisis hidrologi dalam mengatasi permasalahan. Asesmen, pengembangan, utilisasi dan manajemen sumber daya air diperlukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pemahaman ilmu hidrologi dapat membantu kita dalam menyelesaikan problem berupa kekeringan, banjir, perencanaan

sumber daya air seperti dalam desain irigasi/ bendungan, pengelolaan daerah aliran sungai, degradasi lahan, sedimentasi dan problem lain yang terkait dengan kasus perairan. Ruang lingkup ilmu hidrologi meliputi hidrometeorologi, hidrologi air permukaan (limnologi), hidrogeologi, manajemen limbah dan kualitas air. Cabang ilmu ini menempatkan air sebagai fokus dan memiliki peranan penting. Mempelajari hidrologi berarti juga mempelajari bagian-bagian Potamologi, Limnologi, Geohidrologi, Kriologi, dan Hidrometeorologi. Cabang ilmu ini menempatkan air sebagai fokus dan memiliki peran penting. Cabang-cabang ilmu di ini tidak berdiri sendiri-sendiri, tetapi saling berkaitan antara yang satu dengan yang lain (Annisa, 2020).

3.2 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, yang kemudian jatuh ke permukaan tanah sebagai air hujan atau bentuk presipitasi lain, dan akhirnya mengalir kembali ke laut. (Soemarto,1987).

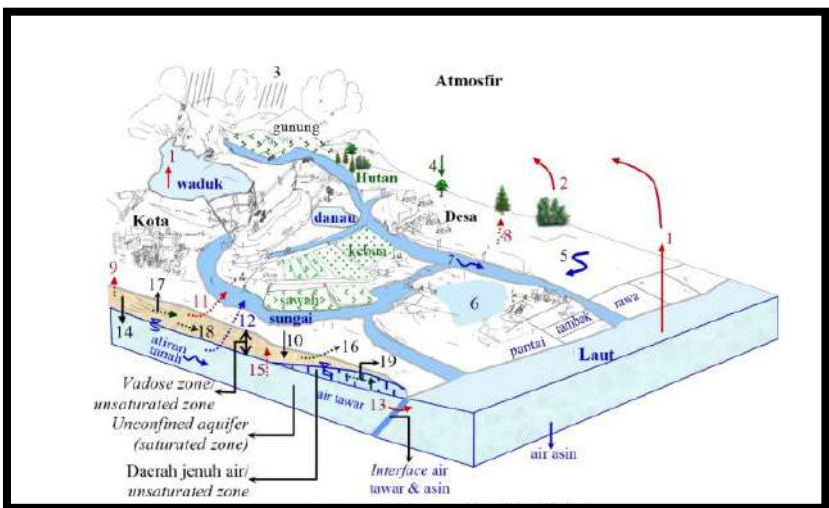
Menurut Kodoatie (2012) proses perjalanan air dalam siklus hidrologi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2, adalah:

1. Penguapan/evaporasi; Proses ini terjadi pada laut, danau, waduk, rawa, sungai, tambak dan lain-lain.
2. Evapotranspirasi, yaitu suatu proses pengambilan air oleh akar tanaman untuk kebutuhan hidupnya, kemudian terjadi penguapan pada tanaman tersebut. Proses pengambilan air oleh akar tanaman disebut transpirasi, sedangkan proses penguapan pada tanaman akibat dari sinar matahari disebut evaporasi.
3. Hujan/salju turun ke permukaan bumi: Uap air dari proses evaporasi dan evapotranspirasi di atmosfer berubah menjadi cairan akibat proses kondensasi, tetesan air yang terbentuk tersebut saling berbenturan antara satu dengan yang lainnya dan terbawa oleh angin sampai berubah

menjadi butir-butir air. Butir-butir air tersebut kemudian terakumulasi dan makin berat sehingga secara gravitasi turun ke bumi.

4. Air hujan pada tanaman: Air hujan yang turun langsung jatuh (*through flow*) atau mengalir melalui batang tanaman (*stem flow*) serta air hujan tersebut ada yang tertinggal atau jatuh dari daun (*drip flow*). Perlu waktu yang relatif lama untuk air hujan mencapai tanah apabila tanaman tersebut cukup rimbun.
5. Aliran permukaan (*run-off*): Aliran yang bergerak di atas permukaan tanah. Secara alami air dapat mengalir dari daerah yang tinggi ke daerah yang rendah, dari gunung ke lembah, kemudian menuju ke daerah lebih rendah sampai ke pantai dan akhirnya bermuara ke laut atau ke danau.
6. Banjir/genangan: Banjir dan genangan terjadi akibat dari luapan sungai atau daya tampung drainase yang tidak mampu mengalirkan air.
7. Aliran sungai (*river flow*): Aliran permukaan mengalir menuju daerah tangkapan air atau daerah aliran sungai menuju ke sistem jaringan sungai. Aliran dalam sistem sungai dapat mengalir dari sungai kecil menuju sungai yang lebih besar dan berakhir di muara sungai tempat sungai dan laut bertemu.
8. Transpirasi: Proses pengambilan air oleh akar tanaman untuk memenuhi kebutuhan hidup dari tanaman tersebut.
9. Kenaikan kapiler: Air dalam tanah mengalir dari aliran air tanah karena mempunyai daya kapiler untuk menaikkan air ke vadose zona menjadi butiran air tanah (*soil moisture*), demikian juga butiran air tanah ini naik secara kapiler ke permukaan tanah.
10. Infiltrasi: Sebagian dari air permukaan tanah yang meresap ke dalam tanah (*soil water*).

11. Aliran antara (*interflow*): air dari soil water yang mengalir menuju jaringan sungai, waduk, situ-situ dan danau.
12. Aliran dasar (*base flow*): aliran air dari ground water yang mengisi sistem jaringan sungai, waduk, situ-situ, rawa dan danau.
13. Aliran *run-out*: aliran dari ground water yang langsung menuju ke laut.
14. Perkolasi: Air dari soil moisture di daerah vadose zona yang mengisi aliran air tanah.
15. Kenaikan kapiler: aliran dari air tanah (*ground water*) yang mengisi *soil water*.
16. *Return flow*: aliran air dari soil water/vadoze zona menuju ke permukaan tanah.
17. *Pipe flow* (aliran pipa): aliran yang terjadi dalam tanah.
18. *Unsaturated throughflow*: aliran yang melewati daerah tidak jenuh air.
19. *Saturated flow*: aliran yang terjadi pada daerah jenuh air.



Gambar 3.2 Proses Perjalanan Air dalam Siklus Hidrologi

Sumber: Kodoatie, 2012

3.2.1 Jenis – Jenis Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi bergerak secara kontinu dalam tiga tahap yang berbeda, yaitu; Siklus hidrologi Pendek, Hidrologi sedang dan Hidrologi Panjang. Siklus hidrologi sering kita jumpai dalam kehidupan sehari – hari. Berikut penjelasan terkait dengan jenis – jenis siklus hidrologi.

1. Siklus Hidrologi Pendek



Gambar 3.3. Siklus Pendek

(sumber : robuguru.ruangguru.com)

Siklus hidrologi pendek merupakan siklus yang paling sederhana karena hanya melewati beberapa tahapan. Beberapa tahapan yang ada di dalam siklus hidrologi pendek antara lain sebagai berikut:

- A. Sinar matahari mengenai sumber air di bumi kemudian sumber air tersebut menguap
- B. Penguapan tersebut terjadi kondensasi sehingga membentuk awan yang mengandung uap air
- C. Awan yang mengandung uap air kemudian mengalami berat jenuh dan turunlah hujan di permukaan laut.

2. Siklus Hidrologi Sedang



Gambar 3.4. Siklus Sedang
(Sumber : robuguru.ruangguru.com)

Siklus sedang adalah siklus yang memiliki proses sedikit lebih panjang di bandingkan siklus pendek. Adapun beberapa tahapan dari siklus hidrologi sedang antara lain sebagai berikut:

- Matahari menyinari permukaan bumi termasuk sumber air (laut, samudra dan daratan) sehingga sumber-sumber air yang ada di permukaan mengalami penguapan.
- Kemudian terjadi evaporasi
- Uap air yang telah terbentuk yang merupakan hasil pemanasan, bergerak tertiuip oleh angin ke darat.
- Terbentuklah awan akibat dari pemanasan
- Hujan turun pada permukaan di daratan
- Air yang turun di daratan mengalir ke sungai kemudian mengalir kembali ke laut untuk mengalami siklus hidrologi kembali.

3. Siklus Hidrologi Panjang



Gambar 3.5. Siklus Panjang
(Sumber : robuguru.ruangguru.com)

Siklus hidrologi panjang adalah siklus hidrologi yang lebih kompleks daripada siklus pendek dan sedang. Proses dari siklus hidrologi panjang sebagai berikut:

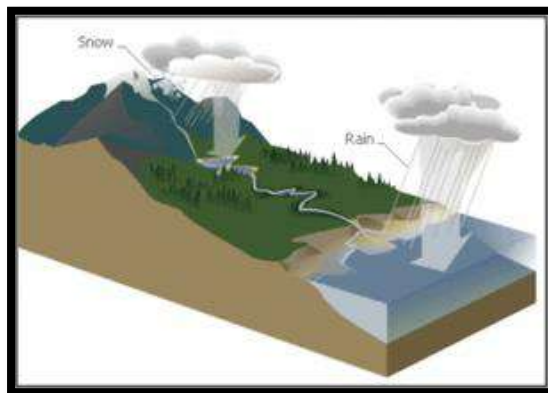
- Matahari menyinari permukaan termasuk sumber air (laut, samudra dan daratan) sehingga sumber-sumber air yang ada di permukaan mengalami penguapan
- Kemudian terjadi evaporasi
- Kemudian uap air mengalami sublimasi
- Uap air yang telah terbentuk dan mengalami sublimasi, kemudian membentuk awan yang mengandung es.
- Awan yang terbentuk kemudian bergerak ke darat (pegunungan) terbawa oleh tiupan angin
- Kemudian terjadilah hujan di daratan (pegunungan)
- Air yang turun di daratan kemudian mengalir ke sungai sebagian terserap oleh tanah, kemudian mengalir lagi ke laut untuk kembali mengalami siklus hidrologi.

3.2.2 Presipitasi dan Kondensasi

Presipitasi adalah peristiwa klimatik yang bersifat alamiah, merupakan perubahan bentuk air dari uap menjadi cairan sebagai akibat dari proses kondensasi. Peristiwa presipitasi dapat dilihat pada Gambar 3.6. Proses presipitasi diawali naiknya uap air dari permukaan bumi ke atmosfer. Uap air di atmosfer menjadi dingin dan terkondensasi membentuk awan (*clouds*). Kondensasi terjadi ketika suhu udara berubah menjadi lebih dingin. Ketika awan yang terbentuk tidak mampu lagi menampung air, maka awan kemudian melepaskan uap air yang terdapat di dalamnya dalam bentuk presipitasi.

Berikut beberapa faktor yang mempengaruhi presipitasi antara lain :

- A. Terdapat uap air di atmosfer
- B. Faktor meteorologi (suhu, kelembaban, awan)
- C. Lokasi/tempat sehubungan dengan sistem sirkulasi secara umum
- D. Terdapat rintangan alam misalnya ; pegunungan, dan lain sebagainya (PPPSDAK.2017)



Gambar 3.6 Proses Presipitasi dan Kondensasi

(Sumber : widyaastuti.agrititude.blogspot.com)

3.2.3 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah perpaduan dua proses, yakni evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses penguapan atau hilangnya air dari tanah dan badan-badan air (abiotik), sedangkan transpirasi adalah proses keluarnya air dari tanaman (biotik) akibat proses respirasi dan fotosintesis. Transpirasi pada dasarnya merupakan proses di mana air menguap dari tanaman melalui daun ke atmosfer. Sistem perakaran tanaman mengadopsi air dalam jumlah yang berbeda-beda dan ditransmisikan melalui tumbuhan dan melalui mulut daun atau stomata. Kombinasi dua proses yang saling terpisah di mana kehilangan air dari permukaan tanah melalui proses evaporasi dan kehilangan air dari tanaman melalui proses transpirasi disebut sebagai evapotranspirasi (ET).

Faktor-faktor yang memengaruhi evaporasi adalah suhu air, suhu udara (atmosfer), kelembapan, kecepatan angin, tekanan udara, sinar matahari. Pada waktu pengukuran evaporasi, kondisi/keadaan iklim ketika itu harus diperhatikan, mengingat faktor tersebut sangat dipengaruhi oleh perubahan lingkungan (Sosrodarsono dan Takeda, 1983). Faktor-faktor yang memengaruhi proses transpirasi adalah suhu, kecepatan angin, kelembapan tanah, sinar matahari, gradien tekanan uap. Selain itu, dipengaruhi juga oleh faktor karakteristik tanaman dan kerapatan tanaman (Kartasapoetra dan Sutedjo, 1994). (AURA. Bandar Lampung)

Perbedaan Transpirasi dengan evaporasi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Perbedaan Transpirasi dan Evaporasi

No	Transpirasi	Evaporasi
1	Proses fisiologis atau fisika yang termodifikasi	Proses fisika murni
2	Diatur bukaan stomata	Tidak diatur bukaan stomata
3	Diatur beberapa macam tekanan	Tidak diatur oleh tekanan

No	Transpirasi	Evaporasi
4	Terjadi di jaringan hidup	Tidak terbatas pada jaringan hidup
5	Permukaan sel basah	Permukaan yang menjalankannya menjadi kering

Proses Evaporasi di mulai saat energi dibutuhkan untuk merubah bentuk molekul air dari fase cair ke fase uap. Radiasi matahari langsung dan faktor lingkungan yang memengaruhi suhu udara merupakan sumber energi. Gaya gerak untuk memindahkan uap air dari permukaan disebut penguapan. Penguapan adalah perbedaan tekanan antara uap air di permukaan dan tekanan udara atmosfer. Selama berlangsungnya proses, udara sekitar menjadi jenuh secara perlahan dan selanjutnya proses menjadi lambat dan kemungkinan berhenti, jika udara basah tidak di pindahkan ke atmosfer. Pergantian udara jenuh dengan udara kering sangat tergantung pada kecepatan angin. Oleh karena itu, radiasi surya, temperatur udara, kelembapan udara dan kecepatan angin merupakan parameter iklim yang dipertimbangkan dalam penentuan proses evaporasi. Jika permukaan penguapan adalah permukaan tanah, maka tingkat penutupan tanaman pelindung (*crop canopy*) dan jumlah air tersedia pada permukaan penguapan juga menjadi faktor yang memengaruhi proses evaporasi. Ada beberapa metode untuk pengukuran evaporasi, yaitu: dengan wadah evaporasi, lisimeter, pengukuran meteorologis. Proses transpirasi meliputi penguapan cairan (air) yang terkandung pada jaringan tanaman dan pemindahan uap ke atmosfer. Tanaman umumnya kehilangan air melalui stomata. Stomata merupakan saluran terbuka pada permukaan daun tanaman melalui proses penguapan dan perubahan wujud menjadi gas. Air bersama beberapa nutrisi lain diserap oleh akar dan ditransportasikan keseluruh tanaman. Proses penguapan terjadi dalam daun, yang

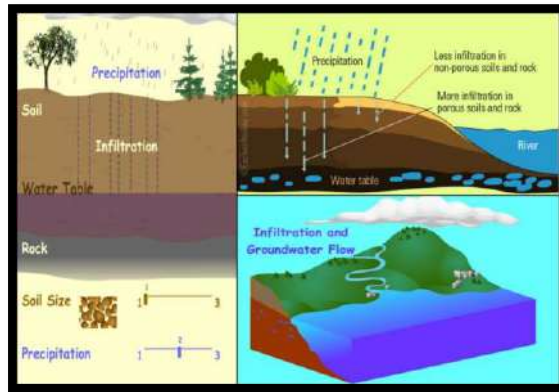
disebut ruang intercellular, dan pertukaran uap ke atmosfer, pengantar Hidrologi dikontrol oleh celah stomata. Hampir semua air yang diserap oleh akar keluar melalui proses transpirasi dan hanya sebahagian kecil saja yang digunakan dalam tanaman. (AURA. Bandar Lampung).

3.2.4 Infiltrasi

Infiltrasi adalah proses masuknya air ke permukaan tanah. Proses ini merupakan bagian yang sangat penting dalam daur hidrologi maupun dalam proses pengalih ragaman hujan menjadi aliran air di sungai. Pengertian infiltrasi (*infiltration*) sering di campuradukkan untuk kepentingan praktis dengan pengertian perkolasi (*percolation*, yaitu gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh, yang terletak diantara permukaan tanah sampai kepermukaan air tanah (zona jenuh). Dalam kaitan ini terdapat dua pengertian tentang kuantitas infiltrasi, yaitu kapasitas infiltrasi (*infiltration Capaciti*) dan laju infiltrasi (*Infiltration rate*). Kapasitas infiltrasi adalah laju infiltrasi maksimum untuk suatu jenis tanah tertentu, sedangkan laju infiltrasi adalah laju infiltrasi nyata suatu jenis tanah tertentu (Coki. 2020). Proses infiltrasi, melibatkan tiga proses yang tidak saling tergantung:

- A. Proses masuknya air hujan melalui pori-pori permukaan tanah
- B. Air hujan yang tertampung di dalam tanah atau di bawah permukaan tanah.
- C. Proses mengalirnya air tersebut ke tempat lain (bawah, samping dan atas).

Infiltrasi (peresapan) merupakan perjalanan air melalui permukaan tanah dan menembus masuk ke dalam tanah. Berikut adalah gambar proses infiltrasi. (Gambar 3.7)



Gambar 3.7 Proses Infiltrasi

Sumber : geologinesie.com

3.2.5 Aliran Permukaan (*Run Off*)

Air keluar dari suatu areal tertentu dapat melalui beberapa bentuk (Arsyad, 1989), yaitu: aliran permukaan/Limpasan/*run off* adalah bagian dari air hujan yang mengalir tipis di atas permukaan tanah. Air tersebut mengalir ke tempat yang lebih rendah dan kemudian bermuara ke sungai atau danau atau waduk, bahkan laut hingga akhirnya air terevaoprasi kembali. Limpasan permukaan atau aliran permukaan merupakan dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah yang mengangkut zat-zat dan partikel tanah. Limpasan terjadi akibat intensitas hujan yang turun melebihi kapasitas infiltrasi, saat laju infiltrasi terpenuhi, maka air mengisi cekungan yang terdapat pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan tersebut terisi air dan penuh, maka air kemudian mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah (surface runoff). (AURA. Bandar Lampung)



Gambar 3.8 Proses *Run Off*

3.2.6 Daerah Aliran Sungai

Peraturan Pemerintah nomor 37 tahun 2012 tentang pengelolaan Daerah aliran sungai (DAS), menyatakan bahwa Daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Daerah aliran sungai bukan hanya merupakan badan sungai, tetapi satu kesatuan seluruh ekosistem yang ada di dalam pemisah 22 topografis. Pemisah topografis di darat berupa daerah yang paling tinggi biasanya punggung bukit yang merupakan batas antara daerah aliran sungai yang satu dengan daerah aliran sungai lainnya.

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan sistem hidrologi. Daerah aliran sungai adalah suatu bentang alam yang dibatasi pemisah alam berupa pigir bukit atau puncak-puncak gunung dan punggung punggung bukit. Bentang alam menerima dan menyimpan curah hujan yang jatuh diatasnya kemudian mengalirkan secara langsung maupun secara tidak langsung

beserta sedimen dan partikel lainnya ke sungai hingga akhirnya bermuara ke danau atau laut (Asdak, 2002 dalam Setyowati.et.cl. 2012).

3.2.7 Air Tanah

Air tanah adalah air yang berada pada wilayah jenuh di bawah permukaan tanah. Lebih dari 97 % ketersediannya air tawar dari keseluruhan yang ada di daratan. Air tanah sangat membantu tanaman saat pertumbuhan, air diserap oleh akar tanaman. Meskipun kita ketahui jumlahnya tidak banyak dibandingkan dengan air permukaan, air tanah merupakan air yang banyak dimanfaatkan oleh rumah tangga, (air minum, memasak, mencuci dan mandi). Selain untuk keperluan rumah tangga air tanah juga banyak dimanfaatkan untuk keperluan industri, perkantoran, perhotelan dan irigasi.

Berikut kelebihan air tanah dibandingkan dengan air permukaan, yaitu;

1. Air tanah lebih steril dalam hal ini tidak terkontaminasi dengan organisme yang pembawa penyakit
2. Keberadaan di bawah permukaan tanah terdapat pada lapisan batuan di kedalaman tertentu.
3. Temperatur hampir konstant
4. Ketersedian di banyak tempat.

3.2.8 Perairan Darat

Perairan darat merupakan perairan yang mengalir secara alamiah yang terdiri atas sungai, danau, waduk dan rawa. Berikut penjelasan bagian – bagian perairan darat

1. Sungai adalah perairan yang mengalir secara alamiah dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah melalui dua cabang lekukan yang di mana kedua sisinya berbentuk tanggul.

2. Danau adalah suatu genangan di tengah daratan yang sangat luas yang berbentuk seperti cekungan sangat luas.
3. Waduk dan danau serupa, tetapi taksama, waduk mirip dengan danau, tetapi tidak secara alami, waduk ini dibuat oleh manusia karena kepentingan tertentu.
4. Rawa adalah daerah yang sangat luas yang telah jenuh dengan air karena kondisinya apabila terjadi pasang surut air terdapat di rawa tidak dapat terserap.

Proses alam yang terdapat pada bagian daur hidrologi telah diuraikan satu demi satu dengan perinci untuk dapat dipelajari.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, S., I., & Irma, LN. 2020. *Pengantar Hidrologi*. Bandar Lampung : Penerbit CV. Anugrah Prtama Raharja.
- Coki. S. 2020. "Kumpulan Pengertian Menurut Para Ahli" ., <https://www.blogger.com/profile/10672192492037105410>.
<https://www.kumpulanpengertian.com/2020/10/pengertian-infiltrasi-dan-proses.html>.
- Dewi.L.S., dkk. 2012. "Model Agrokonservasi Untuk Perencanaan Pengelolaan Das Garang Hulu" Tataloka. Penerbit Palanologi Undip Volume 14; NOMOR 2; MEI 2012, 131-141
- Kodoatie, Robert J. 2012. *Tata Ruang Air Tanah*. Yogyakarta : Penerbit Andi Offiset.
- Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. IPB University. Bogor. <https://lppm.ipb.ac.id/berapa-banyak-kandungan-air-di-bumi/> .
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Badan Pengembangan Sumberdaya Manusia. Bandung. 2017. [b59ca 03. Modul 3 Geologi dan Hidrogeologi \(1\).pdf](#)
- Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional

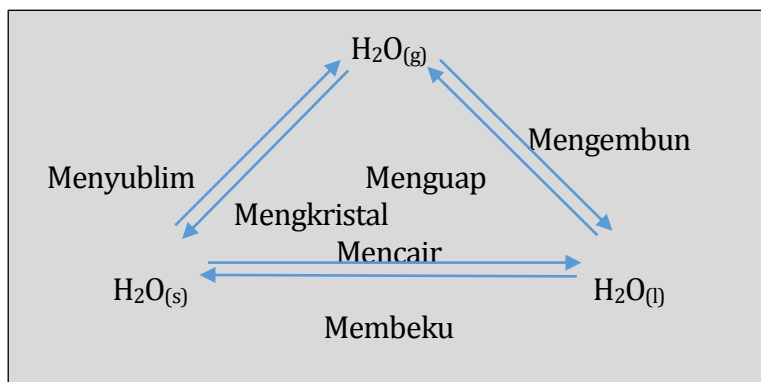
BAB 4

SUMBER DAYA AIR DI ALAM DAN PENCEMARAN

Oleh Bambang Suhartawan

4.1. Pendahuluan

Air merupakan zat esensial dibutuhkan dalam setiap aspek kehidupan” dan “Kita semua tidak dapat hidup tanpa adanya air (Arsyad, 2017, p. 1). Air dalam pengertian ini adalah air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat (UU Nomor 17, 2019, p. 8). Air dengan rumus kimia H_2O dapat mengalami perubahan bentuk, yaitu padat, cair dan gas yang dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.1 Skema perubahan wujud air

Keterangan :

Meng uap

Peristiwa perubahan wujud cair menjadi gas disebut menguap. Proses penguapan dapat dipercepat dengan pemanasan, perluasan permukaan, peniupan, dan memperkecil tekanan di atas permukaan.

Mencair

Peristiwa perubahan wujud zat padat menjadi cair disebut mencair, proses ini terjadi karena adanya kenaikan suhu, contohnya adalah es batu meleleh menjadi air.

Menyublim

Perubahan wujud padat menjadi gas disebut menyublim. Kapur barus yang disimpan di dalam lemari dan semakin lama akan habis merupakan contoh menyublim.

Mengkristal

Perubahan zat berwujud gas menjadi padat disebut mengkristal. Proses ini dapat terjadi dikarenakan adanya pelepasan energi panas dari suatu benda. Uap air menjadi salju atau berubahnya udara dingin di dalam lemari es menjadi bunga es adalah contoh peristiwa mengkristal.

Mengembun

Perubahan gas menjadi zat cair disebut mengembun. Gelas yang berisi air es dan diletakkan di ruangan terbuka dengan suhu yang cukup panas maka akan dihasilkan embun di bagian permukaan luar gelas, ini merupakan contoh mengembun.

Mem beku

Perubahan zat cair menjadi zat padat disebut membeku. Peristiwa ini terjadi karena adanya penurunan suhu hingga titik beku. Air yang berubah menjadi es adalah contoh membeku.

Semua proses perubahan wujud tersebut di atas terjadi secara alamiah, proses ini disebut Siklus Hidrologi. Matahari memanfaatkan energi panas permukaan bumi, kemudian terjadi penguapan air dari sungai, danau, rawa, dan laut. Setelah uap air terbentuk, ini akan naik ke atas, ke tempat yang lebih tinggi dengan suhu udara semakin rendah sehingga uap air dapat mengalami proses kondensasi.

Menurut proses terjadinya siklus hidrologi dibagi menjadi 3 jenis, yakni :

Siklus hidrologi pendek

Siklu hidrologi pendek adalah air laut yang menguap menjadi gas, kemudian berkondensasi menjadi awan selanjutnya terjadi hujan yang jatuh ke laut.

Gambar siklus hidrologi pendek adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2 Siklus Hidrologi Pendek

Sumber...<https://roboguru.ruangguru.com/>

Siklus hidrologi sedang

Siklus hidrologi sedang misalnya air laut menguap terbentuk gas kemudian mengalami kondensasi, terbentuk awan dan terbawa angin, gumpalan awan semakin padat dan jatuh sebagai hujan, air meresap ke tanah, mengalir ke sungai hingga sampai di laut kembali.

Gambar siklus hidrologi sedang adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3 Siklus Hidrologi Sedang

Sumber:....<https://roboguru.ruangguru.com/>

Siklus hidrologi panjang

Sedangkan siklus hidrologi panjang hamper sama dengan siklus hidrologi sedang, namun sebelum terjadi hujan didahului terbentuknya Kristal-kristas es yang dibawa angin ke daratan (pegunungan), jatuh sebagai salju hingga terbentuk gletser, masuk ke sungai, lalu kembali ke laut.

Gambar siklus hidrologi panjang adalah sebagai berikut :



Gambar 4.4 Siklus Hidrologi Panjang

Sumber:....<https://roboguru.ruangguru.com/>

Air merupakan sumber daya alam yang pokok untuk kehidupan flora dan fauna terlebih bagi manusia di muka bumi untuk memenuhi kebutuhan berbagai sektor kehidupan (Susanto, 2017, p. 1.1). Berdasarkan sifatnya, sumber daya air digolongkan menjadi sumber daya alam yang dapat diperbaharui, artinya kekayaan alam yang dapat terus menerus tersedia di alam selama penggunaannya tidak berlebihan seperti halnya tumbuh-tumbuhan, hewan, mikroorganisme, sinar matahari, angin, dan air. Konservasi sumber daya air merupakan upaya untuk keberadaan dan keberlanjutan keadaannya, baik sifat, dan fungsi air agar selalu terjaga dalam kuantitas dan kualitas untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, di waktu sekarang maupun yang akan datang (Sallata, 2015, p. 76).

4.2 Sumber air di alam

Sumber air dapat berupa sungai, danau, sumur, dan mata air serta air hujan juga tergolong sumber air (BPSDM Kementerian PUPR, 2015, p. 3). Sumber air permukaan berupa sungai maupun danau tergolong kurang baik jika airnya secara langsung dikonsumsi oleh manusia, oleh sebab itu perlu diolah terlebih dahulu sebelum konsumsi, terutama untuk kebutuhan air baku air minum ataupun hygiene sanitasi bagi masyarakat. Sumber air secara sederhana dapat diuraikan sebagai berikut:

4.2.1 Air Laut

Air laut mengandung senyawa garam (NaCl) kurang lebih 3% sehingga air laut tersebut memiliki rasa asin, salah satu teknologi sederhana yang digunakan saat ini agar air laut dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih atau air baku air minum biasa dilakukan pengolahan terlebih dahulu dengan cara filtrasi, bisa juga dengan cara destilasi namun cara ini memerlukan biaya yang cukup besar dan hanya negara yang kaya yang mampu melakukannya.

4.2.2 Air Hujan

Air hujan yang jatuh ke bumi merupakan hasil proses evaporasi (penguapan) air yang ada dipermukaan bumi. Untuk daerah-daerah tertentu yang tidak terdapat industri yang menghasilkan polusi udara, air hujan yang jatuh dapat digunakan sebagai air minum tanpa pengolahantersebih dahulu, namu jika evaporasi disertai polusi udara dari industri maka air hujan yang terjadi telah tercemar, bahkan telah terjadi penurunan pH akibat polusi udara tersebut yang bercampur dengan turunnya hujan yang sering dinamakan hujan asam.

4.2.2 Air Permukaan

Air yang ada di permukaan tanah disebut air permukaan. Sedangkan yang termasuk air permukaan adalah air sumur, sungai, rawa dan danau. Air permukaan berasal dari air hujan yang jatuh ke bumi dan meresap ke dalam tanah selanjutnya membentuk mata air kemudian mengalir di permukaan bumi dan membentuk sungai selanjutnya mengumpul di danau.

Pada umumnya sungai dan danau merupakan sumber air baku air minum atau air bersih yang baik, sebab volumenya yang cukup besar dan kondisinya cukup stabil dan terjaga (BPSDM Kementerian PUPR, 2015, p. 3), oleh sebab itu dalam rangka pemenuhan kebutuhan masyarakat akan air bersih atau air baku air minum dapat memanfaatkan air sungai maupun air danau sebagai bahan bakunya.

4.2.1. Air Tanah

Sesuai tempatnya, disebut air tanah karena air tersebut keberadaannya di dalam tanah atau bercampur dengan batuan di bawah permukaan tanah. Mineral yang terkandung dalam air tanah cukup tinggi, sedangkan sifat dan jenis mineralnya dipengaruhi oleh pori-pori yang dilalui dalam tanah. Berbagai mineral yang terkandung dalam air tanah antara lain Natrium, Magnesium, Calsium, Besi, dan gas oksigen.

Menurut letaknya, air tanah dibagi kedalam tiga golongan, yakni air tanah dangkal (berada 15 meter di bawah permukaan tanah, air tanah dalam (berada 100 s.d. 300 meter di bawah permukaan tanah) dan mata air, yaitu air tanah keluar dari permukaan tanah dan kualitasnya umumnya lebih baik dari air tanah dangkal dan air tanah dalam.

Siklus hidrologi yang terjadi di alam sebagian besar terjadi karena adanya sinar matahari sebagai energi penguapan. Sinar matahari sebagai sumber energi memanasi bumi termasuk sumber air permukaan, seperti sungai, danau, laut melalui proses evaporasi, di samping itu penguapan dari hasil proses biologis seperti hewan, tumbuhan dan manusia yang disebut transpirasi.

Prinsip dasar adanya penguapan inilah, air yang menguap akan naik ke atmosfer dengan ketinggian tertentu sampai pada suatu titik di mana suhu udara sekeliling sama dengan suhu uap air yang menguap tersebut. Uap air ini selanjutnya mengalami peristiwa kondensasi/ pengembunan sehingga terbentuk air.

4.3 Pencemaran Air

Untuk mendapatkan air yang bersih pada daerah-daerah tertentu sangatlah sulit apalagi air minum, kecuali pada daerah pegunungan dimana air yang dikeluarkan oleh mata air umumnya telah memenuhi syarat sebagai air minum dan tentu bisa langsung diminum tanpa melalui pengolahan. Dengan berkembangnya suatu daerah tentu dibarengi dengan adanya pembangunan infrastruktur baik untuk pemukiman maupun perkantoran, bahkan tidak ketinggalan adanya pembangunan industri yang kesemuanya itu berdampak menghasilkan bahan buangan atau limbah yang disalurkan ke permukaan tanah atau badan air seperti sungai dan danau sehingga berakibat tercemarnya badan air tersebut, ini yang disebut pencemaran air (Rukandar, 2017, p. 1).

Pencemaran Air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga melampaui Baku Mutu Air yang telah ditetapkan (PP Republik Indonesia Nomor 22, 2021, p. 6). Air dikatakan tercemar jika tidak dapat digunakan sesuai dengan fungsinya (Rukandar, 2017, p. 2)

Pencemaran air ditandai dengan adanya penurunan kualitas air pada suatu badan air yang dikarenakan oleh masuknya zat asing sebagai pencemar ataupun energi lain ke dalam badan air yang dapat mempengaruhi turunnya kualitas air tersebut. Air yang sudah tercemar biasanya ditandai dengan berubahnya warna, rasa dan bau. Berbagai aktivitas yang dapat menyebabkan badan air tercemar antara lain aktivitas rumah tangga sehari-hari yang

menghasilkan limbah rumah tangga, demikian juga aktivitas industri, pertanian, peternakan, bengkel kendaraan merupakan penyumbang polutan yang sangat signifikan berpengaruh terhadap penurunan kualitas air bahkan berakibat air tidak dapat memenuhi fungsinya karena terjadi kerusakan fatal, apalagi terdapat polutan yang berbahaya seperti bahan buangan beracun dan logam-logam berat.

Berikut beberapa penyebab terjadinya pencemaran air beserta penjelasannya.

Pencemaran air digolongkan menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu :

4.3.1 Pencemaran Fisika

Beberapa contoh pencemaran fisika adalah : Suhu, Kekeruhan, Total Dissolved Solid (TDS), Total Suspensi Solid (TSS), warna, bau, dan rasa.

4.3.2 Pencemaran Kimia

Beberapa contoh pencemaran kimia adalah : Derajat keasaman (pH), Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD), Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD), Oksigen Terlarut (DO), Nitrit – N, Nitrat – N, Total Fosfat (sebagai P) dan berbagai ion dan logam.

4.3.3 Pencemaran Biologi

Beberapa contoh pencemaran biologi adalah : Total *coliform* dan *Fecal coliform*

Uraian lebih lengkap tentang pencemaran air akan dibahas pada bagian tersendiri.

Berikut akan disajikan baku air sungai dan sejenisnya (tabel 3.1) dan baku mutu air danau dan sejenisnya (Tabel 3.2) yang merupakan lampiran VI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.

Tabel 3.1 Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya

No	Parameter	Unit	Baku Mutu				Keterangan
			Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	
1	Temperatur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan
2	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1.000	1.000	1.000	2.000	Tidak berlaku untuk muara
3	Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	40	50	100	400	
4	Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	-	Tidak berlaku untuk air gambut (Berdasarkan kondisi alamnya)
5	Derajat keasaman (pH)	-	6-9	6-9	6-9	6-9	
6	Kebutuhan oksigen biokimia (BOD)	mg/L	2	3	4	12	
7	Kebutuhan oksigen kimia (COD)	mg/L	10	25	40	80	
8	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1	Batas minimal
9	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	300	300	300	400	
10	Klorida (Cl)	mg/L	300	300	300	600	

No	Parameter	Unit	Baku Mutu				Keterangan
			Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	
11	Nitrat (sebagai N)	mg/L	10	10	20	20	
12	Nitrit (sebagai N)	mg/L	0,06	0,06	0,06	-	
13	Amoniak (sebagai N)	mg/L	0,1	0,2	0,5	-	
14	Total Nitrogen	mg/L	15	15	25	-	
15	Total Fosfat (sebagai P)	mg/L	0,2	0,2	1,0	-	
16	Flourida (F ⁻)	mg/L	1,0	1,5	1,5	-	
17	Belerang (sebagai H ₂ S)	mg/L	0,002	0,002	0,002	-	
18	Sianida (CN ⁻)	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	
19	Klorin Bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	-	Bagi air baku air minum tidak dipersyaratkan
20	Barium (Ba) terlarut	mg/L	1,0	-	-	-	
21	Boron (B) terlarut	mg/L	1,0	1,0	1,0	1,0	
22	Merkuri (Hg) terlarut	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	

No	Parameter	Unit	Baku Mutu				Keterangan
			Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	
23	Arsen (As) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10	
24	Selenium (Se) terlarut	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
25	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	-	-	-	
26	Cadmium (Cd) terlarut	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
27	Cobalt (Co) terlarut	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
28	Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,1	-	-	-	
29	Nikel (Ni) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	
30	Zeng (Zn) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	
31	Tembaga (Cu) terlarut	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	
32	Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,5	
33	Kromium heksavalen (Cr-) (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
34	Minyak dan lemak	mg/L	1	1	1	10	
35	Detergen total	mg/L	0,2	0,2	0,2	-	

No	Parameter	Unit	Baku Mutu				Keterangan
			Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	
36	Fenol	mg/L	0,002	0,005	0,01	0,02	
37	Aldrin/Dieldrin	µg/L	17	-	-	-	
38	BHC	µg/L	210	210	210	-	
39	Chlordane	µg/L	3	-	-	-	
40	DDT	µg/L	2	2	2	2	
41	Endrin	µg/L	1	4	4	-	
42	Heptachlor	µg/L	18	-	-	-	
43	Lidane	µg/L	56	-	-	-	
44	Methoxychlor	µg/L	35	-	-	-	
45	Toxapan	µg/L	5	-	-	-	
46	Fecal coliform	MPN/100 mL	100	1.000	2.000	2.000	
47	Total coliform	MPN/100 mL	1.000	5.000	10.000	10.000	
48	Sampah	-	nihil	nihil	nihil	nihil	
49	Radioaktivitas	-					
	Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	

Sumber : Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2022

Tabel 3.2 Baku Mutu Air Danau dan Sejenisnya

No	Parameter	Unit	Baku Mutu				Keterangan
			Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	
1	Temperatur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan
2	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1.000	1.000	1.000	1.000	
3	Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	25	50	100	400	
4	Transparansi	m	10	4	2,5	-	
5	Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	-	
6	Derajat keasaman (pH)	-	6-9	6-9	6-9	6-9	Tidak berlaku air gambut (Berdasarkan kondisi alamnya)
7	Kebutuhan oksigen biokimia (BOD)	mg/L	2	3	6	12	
8	Kebutuhan oksigen kimia (COD)	mg/L	10	25	40	80	
9	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1	Batas minimal
10	Sulfat (SO_4^{2-})	mg/L	300	300	300	400	
11	Klorida (Cl^-)	mg/L	300	300	300	600	
12	Total Nitrogen	mg/L	0,65	0,75	1,90	-	
13	Total Fosfat	mg/L	0,01	0,03	0,1	-	

No	Parameter	Unit	Baku Mutu				Keterangan
			Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	
	(sebagai P)						
14	Flourida (F)	mg/L	1	1,5	1,5	-	
15	Belarang (sebagai H ₂ S)	mg/L	0,002	0,002	0,002	-	
16	Sianida (CN)	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	
17	Klorin Bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	-	Bagi air baku air minum tidak dipersyaratkan
18	Barium (Ba) terlarut	mg/L	1,0	-	-	-	
19	Boron (B) terlarut	mg/L	1,0	1,0	1,0	1,0	
20	Merkuri (Hg) terlarut	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
21	Arse (As) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	
22	Selenium (Se) terlarut	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
23	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	-	-	-	
24	Cadmium (Cd) terlarut	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
25	Cobalt (Co) terlarut	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
26	Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,4	0,4	0,5	1,0	

No	Parameter	Unit	Baku Mutu				Keterangan
			Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	
27	Nikel (Ni) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	
28	Zeng (Zn) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	2,0	
29	Tembaga (Cu) terlarut	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	
30	Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,5	
31	Kromium heksavalen (Cr ⁻) (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
32	Minyak dan lemak	mg/L	1	1	1	10	
33	Detergen total	mg/L	0,2	0,2	0,2	-	
34	Fenol	mg/L	0,002	0,005	0,01	0,02	
35	Aldrin/Dieldrin	µg/L	17	-	-	-	
36	BHC	µg/L	210	210	210	-	
37	Chlordane	µg/L	3	-	-	-	
38	DDT	µg/L	2	2	2	2	
39	Endrin	µg/L	1	4	4	-	
40	Heptachlor	µg/L	18	-	-	-	
41	Lidane	µg/L	56	-	-	-	
42	Methoxychlor	µg/L	35	-	-	-	
43	Toxapan	µg/L	5	-	-	-	
44	Fecal coliform	MPN/100 mL	100	1.000	2.000	2.000	

No	Parameter	Unit	Baku Mutu				Keterangan
			Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	
45	Total coliform	MPN/ 100 mL	1.000	5.000	10.000	10.000	
46	Klorofil-A	mg/m ³	10	50	100	200	
47	Sampah	-	nihil	nihil	nihil	nihil	
49	Radioaktivitas						
	Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	

Sumber : Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021

Keterangan:

Kelas 1 : merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk baku mutu air minum, dan/atau air peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas 2 : merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana. rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar,"peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas 3 : meru-pakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk melgairi tanaman, dan/atau peruntukan lain

yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas 4 : merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertamanan dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad. 2017. Modul Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu Pelatihan Perencanaan Teknik Sungai', (32). Available at: https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/07/178cc_03._Modul_3_Pengelolaan_Sumber_Da ya_Air_Terpadu.docx.
- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2015. Modul 2 : Sistem Air Baku', pp. 1-14.
- PP Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, (1), pp. 1-5. Available at: http://www.who.int/water_sanitation_health/emergencies/infcontrol/en/%0Ahttps://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjWxrKeif7eAhVYfysKHcHWAOWQFjAAegQICRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.ojk.go.id%2Fid%2Fkanal%2Fpasar-m.
- Rinawati *et al.* 2016. Penentuan Kandungan Zat Padat (Total Dissolve Solid Dan Total Suspended Solid) Di Perairan Teluk Lampung', *Analytical and Environmental Chemistry*, 1(01), pp. 36-45. Available at: http://repository.lppm.unila.ac.id/2831/1/Volume_1_Hal_36-45-Rina.pdf.
- Rukandar, D. 2017. Pencemaran Air: Pengertian, Penyebab, dan Dampaknya', *Mimbar Hukum*, 21(1), pp. 23-34. Available at: https://dlhk.bantenprov.go.id/upload/article-pdf/PENCEMARAN_AIR,_PENGERTIAN,_PENYEBAB_DAN_DAMPAKNYA.pdf.
- Sallata, M.K. (2015) 'Konservasi Dan Pengelolaan Sumber Daya Air Berdasarkan Keberadaannya Sebagai Sumber Daya Alam', *Buletin Eboni*, 12(1), pp. 75-86.

- Susanto, M.Y.J.P. dan A. 2017. Pengantar Pengelolaan Sumber Daya Air', *Modul Pengelolaan Sumberdaya Air*, 1(1), pp. 1–51. Available at: <http://repository.ut.ac.id/4313/1/PWKL4221-M1.pdf>.
- Undang-undang (UU) Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air', *Jdih Bpk Ri Database Peraturan*, (011594), p. 50. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/122742/uu-no-17-tahun-2019>.

BAB 5

PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS)

Oleh Muhammad Chaerul

5.1 Pendahuluan

Secara fisik, DAS didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh punggung bukit yang menerima dan mengumpulkan air hujan, sedimen, dan unsur hara dan mengalir ke hilir sungai utama ke outletnya. Batas-batas tersebut menunjukkan bahwa terdapat wilayah di dalam DAS yang membantu menerima dan menyerap air (wilayah hulu) dan wilayah yang sebagian besar berhenti mengalir (wilayah hilir). Mengenai pengertian DAS dari segi kelembagaan atau kelembagaan, ada dua (dua). 1) DAS sebagai lanskap, yang merupakan sumber daya cadangan (modal) yang tidak hanya menghasilkan barang tetapi juga jasa; Kami mencantumkan tingkatan kepemilikan, dari yang tertinggi hingga yang terendah, termasuk properti (milik pribadi, milik bersama, milik pribadi), serta berbagai hak derivatif. Penyewa, Pengguna Hasil dan Lainnya (Pemilik, Pemilik, Pemohon dan Pengguna yang Diizinkan). (Kartharjo dkk., 2004).

Sebagai aturan, ekosistem cekungan dibagi menjadi tiga. Jangkauan atas, menengah dan bawah. Secara biogeofisik, DAS hulu dicirikan oleh: gigi Kawasan lindung adalah kawasan dengan kerapatan drainase tinggi, kemiringan tinggi (15% atau lebih), bukan dataran banjir, pengaturan penggunaan air ditentukan oleh pola drainase, dan tipe vegetasi umumnya tutupan hutan. Di sisi lain, cekungan hilir memiliki karakteristik sebagai berikut. Penggunaan areal, kerapatan drainase rendah, kemiringan lereng

rendah sampai sangat rendah (<8%), dataran banjir (banjir) di beberapa tempat, pengaturan penggunaan air ditentukan oleh struktur irigasi, tipe vegetasi mangrove/hutan gambut ditentukan oleh tanaman pertanian, kecuali di muara dimana Wilayah tengah cekungan merupakan wilayah transisi dari dua ciri biogeofisika cekungan yang berbeda tersebut di atas (Asdak 2004).

Pengelolaan DAS dilakukan untuk mengatur sumber daya alam yang paling penting: tanah dan air. Tata guna lahan, termasuk jenis dan kerapatan tanaman, menjelaskan faktor-faktor utama yang mempengaruhi daya serap air tanah, sehingga prinsip-prinsip konservasi diperhitungkan untuk memastikan bahwa penggunaan tanah dan air dapat mencapai hasil yang optimal, pengelolaan DAS yang tepat. Pengelolaan DAS Terpadu menyiratkan pemahaman menyeluruh tentang hubungan timbal balik antara komponen siklus air dan komponen yang membentuk ekosistem DAS. Proses interaksi antara kegiatan dan dampak pada ekosistem DAS, misalnya dalam kaitannya dengan iklim, suhu, curah hujan, limpasan air tanah, air permukaan, air tanah, kualitas air, erosi, sedimentasi, perubahan iklim, dampak sosial, dll harus diselidiki. Kerangka konektivitas biofisik wilayah hulu-hilir sistem ekonomi DAS perlu mendapat perhatian karena pengaruh faktor kelembagaan dan eksternalitas.

5.2 Pemberdayaan Masyarakat Dalam Pengelolaan DAS

Meningkatnya fokus pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan DAS (selanjutnya disebut DAS) dibuktikan dengan banyaknya penulis yang menekankan pentingnya peran serta dan kemandirian masyarakat dalam pengelolaan DAS (Ohno, 2010). Pemberdayaan masyarakat dalam Pengelolaan DAS juga menjadi perhatian pemerintah. Hal itu dilakukan dengan memasukkan ketentuan tentang pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan DAS dalam peraturan perundang-undangan di bidang pengelolaan

DAS, yaitu Undang-Undang Nomor 37 Tahun 2014 tentang Konservasi Tanah dan Air dan Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Kemudian pada tahun 2014, Menteri Kehutanan juga menerbitkan Peraturan Menteri Kehutanan No. P.17/Menhut-II/2014. Peraturan ini secara khusus mengatur tata cara pemberdayaan masyarakat dalam kegiatan pengelolaan DAS.

Bahkan sebelum peraturan tersebut dikeluarkan, pemerintah juga telah melaksanakan kegiatan pengelolaan DAS, dengan pemberdayaan masyarakat menjadi salah satu kegiatan utamanya. Kegiatan tersebut antara lain Restorasi Lahan dan Hutan (RHL), Gerakan Nasional Kemitraan Konservasi Air (GN-KPA), Pengembangan Pertanian Konservasi Lahan Terpadu (PUKLT) dan Pengembangan Model Daerah Aliran Sungai (MDM) Mikro. Fakta ini menunjukkan bahwa upaya penguatan komunitas DAS sangat diperlukan. Hal ini tidak mengherankan karena sebagian besar DAS, terutama DAS padat penduduk seperti Jawa, merupakan lahan milik masyarakat yang pengelolaannya ditentukan oleh masyarakat sebagai pemilik lahan.

Pemberdayaan masyarakat adalah upaya memberdayakan dan memberdayakan suatu masyarakat untuk memenuhi kebutuhan dan kepentingan hidupnya sendiri serta menggunakan sumber daya yang dimilikinya untuk meningkatkan taraf hidupnya (Awang, 2008; Wrihatnolo dan Dwijowijoto, 2007; Subejo dan Supriyanto, 2004).). Oleh karena itu, pemberdayaan masyarakat lebih menekankan pada inisiatif dan otonomi masyarakat dalam pengambilan keputusan. Oleh karena itu, Ife dan Tesoriero (2006) menekankan pentingnya proses pembelajaran dalam memberdayakan masyarakat untuk mempersiapkan perubahan yang berkelanjutan. Proses pemberdayaan memiliki tiga fase kunci. (2) fase pengembangan kapasitas, yang meliputi peningkatan kemampuan orang, organisasi, dan sistem nilai, dan (3) fase

pemberdayaan, atau pemberdayaan. , wewenang atau kesempatan (Wrihatnolo dan Dwijowijoto, 2007).

Dalam proses pemberdayaan, kegiatan penyuluhan dan pendampingan merupakan kegiatan yang harus dilakukan. Hal tersebut juga tertuang dalam pasal-pasal tentang pemberdayaan masyarakat yang ada dalam peraturan perundangan yang berkaitan dengan pengelolaan DAS. Pendampingan dan penyuluhan sering dilihat sebagai suatu kegiatan yang terpisah dianggap sebagai upaya penyampaian informasi dan teknologi kepada masyarakat. Dalam perkembangannya, penyuluhan tidak hanya diartikan sebagai proses penyebaran informasi dan teknologi tetapi juga proses pendidikan non formal, proses penguatan kapasitas, proses perubahan perilaku agar masyarakat mampu menolong dirinya, dan meningkatkan kesejahteraannya (Departemen Pertanian, 2013; Mardikanto, 2009; Kartasapoetra, 2001), artinya penyuluhan juga merupakan suatu proses pemberdayaan masyarakat. Sedangkan pendampingan mengandung arti adanya bantuan dari pihak luar untuk meningkatkan kesadaran dan kapasitas masyarakat dalam memahami permasalahan dan mencari alternatif pemecahan masalah, sehingga dicapai keberlanjutan pembangunan, keberdayaan, dan kesejahteraan masyarakat (Departemen Kehutanan, 2004; Departemen Kehutanan, 2013). Keduanya merupakan proses pembelajaran peningkatan kapasitas masyarakat yang berlanjut sepanjang proses penguatan masyarakat. Bahkan ketika diberdayakan, ada beberapa inisiatif yang memerlukan kehati-hatian (Kartasasmita, 1997).

1. Ciptakan suasana dan iklim yang dapat memperluas kemungkinan masyarakat. Pemberdayaan masyarakat membutuhkan komitmen yang kuat dari pemerintah dan pemangku kepentingan lainnya. Partai-partai politik ini menantang diri mereka sendiri untuk menciptakan suasana dan iklim yang mendukung untuk

memperluas kemungkinan komunitas mereka. Partisipasi masyarakat harus didorong sedapat mungkin melalui program pendampingan untuk kemandirian mereka.

2. Meningkatkan potensi atau daya masyarakat (empowerment). Pemberdayaan ini melibatkan langkah-langkah nyata, memberikan masukan yang berbeda seperti informasi, pasar dan modal yang memungkinkan masyarakat untuk bertindak lebih, membuka akses ke berbagai peluang.

Terlepas dari upaya yang ada, partisipasi masyarakat merupakan faktor penting dalam proses pemberdayaan masyarakat (Ife dan Tesoriero, 2006). Tanpa partisipasi masyarakat, upaya pemberdayaan masyarakat tidak dapat tercapai.

5.3 Pengelolaan DAS Terpadu

Pengelolaan DAS merupakan upaya di bawah kendali manusia Keterkaitan antara sumber daya alam, manusia dan segalanya kegiatannya bertujuan untuk mempromosikan keberlanjutan dan keselarasan ekologis dan meningkatkan pemanfaatan sumber daya alam oleh manusia. Pengelolaan DAS merupakan upaya terpadu yang melibatkan berbagai disiplin ilmu. Bekerja secara interdisipliner untuk mengontrol dan mengembangkan sumber daya. Masukan manajemen dan teknologi untuk meningkatkan kesejahteraan Propaganda. Pengelolaan DAS meliputi pengelolaan sumber daya air, pengelolaan air lahan, pengelolaan sumber daya lahan, vegetasi dan pengelolaan sumber daya hutan, Pengembangan sumber daya manusia atau masyarakat. usaha yang dilakukan Pengelolaan DAS melibatkan penataan, pengendalian, pemulihan, Untuk mengaktifkan pemeliharaan, pemantauan, penggunaan, dan

pengembangan Pembangunan hijau dan berkelanjutan (Gunawan, 2003).

Pengelolaan DAS tidak selalu memberikan solusi yang komprehensif Konflik yang terkait dengan percepatan pertumbuhan ekonomi Dengan langkah-langkah perlindungan lingkungan. Namun, Anda bias Kerangka kerja praktis dan logis yang menyediakan mekanisme kerja yang jelas Memecahkan masalah kompleks karena adanya kegiatan pembangunan Menggunakan sumber daya alam sebagai input. Pelaksanaan pengelolaan DAS berdasarkan kegiatan yang berdimensi biofisik, seperti pengendalian erosi, reboisasi kawasan utama, pengelolaan kawasan pertanian secara konservatif, serta aspek kelembagaan seperti insentif dan regulasi, berkaitan dengan perekonomian. Dimensi sosial dalam pengelolaan DAS lebih bertujuan untuk memahami dan memanfaatkan situasi sosial budaya setempat kondisi tersebut sebagai pertimbangan untuk merencanakan strategi kegiatan pengelolaan DAS yang efisien dan efektif.

Pengelolaan DAS mengintegrasikan interaksi dan segala aktivitas antara sumber daya alam dan manusia di dalam DAS untuk mencapai kelestarian dan keselarasan ekologis serta meningkatkan pemanfaatan sumber daya alam bagi manusia secara berkelanjutan merupakan upaya manusia untuk mengatur (PP No. 37/2012). Tujuan dari pengelolaan DAS adalah untuk: a) masyarakat yang lebih sejahtera b) kesadaran, kapasitas dan keterlibatan aktif pemangku kepentingan untuk pengelolaan DAS yang lebih baik c) peningkatan daya dukung dan kapasitas lingkungan (termasuk hutan dan lahan produktif) d) pengelolaan DAS yang optimal (jumlah, kualitas, kontinuitas) distribusi dalam ruang dan waktu) . Dalam praktiknya, seperti ditunjukkan Asdak (2004), pengelolaan DAS tidak selalu memberikan solusi yang komprehensif terhadap konflik yang timbul dari percepatan pertumbuhan ekonomi akibat upaya konservasi. Namun, dapat memberikan kerangka kerja yang praktis dan logis serta

mekanisme kerja yang jelas untuk memecahkan masalah kompleks yang timbul dari kegiatan pembangunan yang menggunakan sumber daya alam sebagai input. Dalam praktiknya, pengelolaan DAS bertumpu pada kegiatan yang berdimensi biofisik seperti: Perlindungan erosi dan reboisasi di area utama

Regulasi/kelembagaan seperti insentif dan regulasi yang terkait dengan sektor ekonomi. Dimensi sosial dalam pengelolaan DAS bertujuan untuk memahami kondisi sosial budaya setempat dan menggunakan kondisi tersebut sebagai pertimbangan untuk merencanakan strategi pengelolaan DAS yang sangat efisien dan efektif. Seluruh rangkaian kegiatan tersebut masih dalam kerangka yang mengarah pada upaya untuk mencapai keseimbangan antara pemenuhan kebutuhan manusia dan kemampuan sumber daya alam untuk mendukung kebutuhan manusia tersebut secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Awang, S. A. 2008. *Pemberdayaan Masyarakat dan Kebijakan Deliberative. Laboratorium Ekologi Sosial dan Politik Sumberdaya Hutan (ESPSDH)*, Yogyakarta: Pascasarjana Program Studi Ilmu Kehutanan UGM.
- Fauzi, Akhmad Ph.D. 2007. *Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Teori dan Aplikasi*. Jakarta; Gramedia Pustaka Utama.
- Ife, J. dan Tesoriero, F. 2006. *Community Development: Community-Based Alternatives in an Age of Globalisation*. Edisi Ketiga. Pearson Education Australia. Terjemahan Sastrawan M, Y. Nurul, dan Nursyahid. 2008. *Community Development: Alternatif Pengembangan Masyarakat di Era Globalisasi*. Cetakan I, Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Kartodihardjo, H. K., Murti Laksono, H. S., Pasaribu, U., Sudadi., dan N. Nuryantono. 2000. *Kajian Institusi Pengelolaan DAS dan Konservasi Tanah*. K3SB Bogor.
- Kartasasmita. G. 1997. *Pemberdayaan Masyarakat: Konsep Pembangunan yang Berakar pada Masyarakat*. Sarasehan DPD Golkar Tk. I Jawa Timur.
- Ohno, T, Tanaka, T. dan Sakagami, M. 2010. Does Social Capital Encourage Participatory Watershed Management? An Analysis Using Survey Data From the Yodo River Watershed. *Society and Natural Resources*, 23: 303-321.
- Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.29/Menhut- II/2013. *Pedoman Pendampingan Kegiatan Pembangunan Kehutanan*, Jakarta: Departemen Kehutanan.

Peraturan Menteri Pertanian Nomor
82/Permentan/OT.140/8/2013. Pedoman Pembinaan
Kelompok Tani dan Bagungan Kelompok Tani, Jakarta:
Departemen Pertanian.

Wrihatnolo, R. R. dan Dwidjowijoto, R. N. 2007. *Manajemen
Pemberdayaan: Sebuah Pengantar dan Panduan Untuk
Pemberdayaan Masyarakat*, Jakarta: Alex Media
Komputerindo.

BAB 6

PENGELOLAAN AIR TANAH

Oleh Lieza Corsita

Dalam mekanisme daur hidrologi, yang dimaksud air bawah permukaan adalah semua bentuk aliran air hujan yang mengalir dibawah permukaan tanah sebagai akibat struktur pelapisan geologi, beda potensi kelembaban tanah dan gaya gravitasi bumi. Mempertimbangkan bahwa air permukaan menela persoalan-persoalan yang berkaitan dengan keberadaan air di dalam tanah, maka dalam Bab 6 ini fokus pembicaraan akan mengarah pada proses dan mekanisme terjadinya dan keberadaan air di dalam tanah, karakteristik air tanah, gerakan air tanah, pemanfaatan dan pencegahan air tanah. Menyadari bahwa dalam rangka pembangunan nasional diperlukan lebih banyak lagi sumber daya air tanah dan dampaknya terhadap lingkungan hidup pada umumnya. Pencegahan air tanah sebagai upaya mengimbangi kebutuhan air tanah yang semakin meningkat tersebut juga akan dibahas dalam bentuk strategi perencanaan daerah resapan alamiah dan daerah resapan buatan.

6.1 Air Tanah

Air yang berada di wilayah jenuh dibawah permukaan tanah yang disebut air tanah. Secara global, dari keseluruhan air tawar yang berada di planet bumi lebih dari 97 % terdiri atas air tanah. Tampak bahwa peranan air tanah di bumi adalah penting. Air tanah dapat dijumpai di hampir semua tempat di bumi. Ia dapat ditemukan di bawah gurun pasir yang paling kering sekalipun, demikian juga dibawah tanah yang membeku karena tertutup

lapisan salju atau es. Sumbangan terbesar air tanah berasal dari daerah arid dan semi-arid serta daerah lain yang mempunyai formasi geologi paling sesuai untuk penampungan air tanah. Dengan semakin berkembangnya industri (agro dan non agro industri) serta pemukiman dengan segala fasilitasnya seperti lapangan golf, kolam renang, maka ketergantungan aktivitas manusia pada air tanah menjadi semakin terasa. Namun demikian, patut disayangkan bahwa untuk memenuhi kebutuhan air tanah yang semakin meningkat tersebut, cara pengambilan air tanah seringkali tidak sesuai dengan prinsip-prinsip hidrologi yang baik sehingga seringkali menimbulkan dampak negative yang serius yang terhadap kelangsungan dan kualitas sumberdaya air tanah. Dampak negative pemanfaatan air tanah (yang berlebihan) dapat dibedakan menjadi dampak yang bersifat kualitatif (kualitas air tanah) dan kuantitatif (pasokan air tanah). Dampak yang pertama mulai dirasakan dengan ditemuinya kasus-kasus pencemaran sumur-sumur penduduk terutama yang berdekatan dengan aliran sungai yang menjadi sarana pembuangan limbah pabrik.

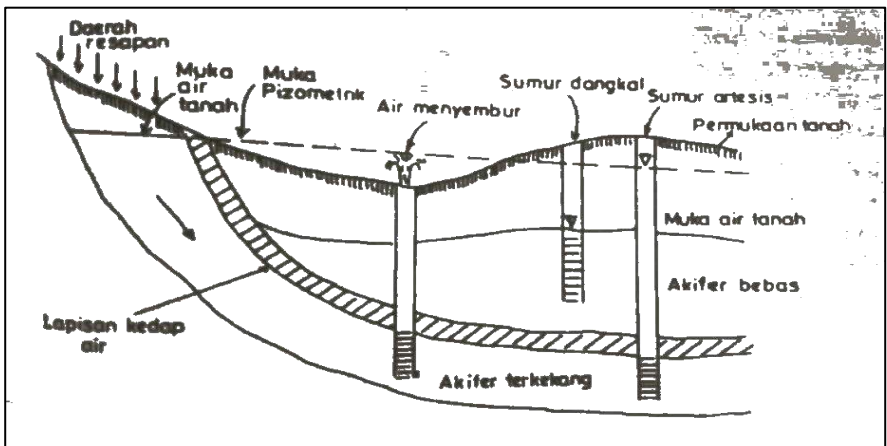
Pencemaran kualitas air tanah juga dijumpai di daerah yang berbatasan dengan pantai dalam bentuk intrusi air laut ke dalam sumur-sumur penduduk. Dampak yang berkaitan dengan kuantitas air tanah umumnya dijumpai selama berlangsungnya musim kemarau, yaitu tinggi muka air tanah yang semakin jauh dari permukaan sumur. Amblasan-amblasan (*land subsidenced*) yang terjadi di sepanjang ruas jalan atau bangunan serta semakin jauhnya intrusi air laut juga dapat dijadikan indikator semakin berkurangnya jumlah air tanah. Uraian terinci mengenai ketersediaan air tanah, pengambilan air tanah serta dampaknya terhadap lingkungan kehidupan manusia akan dikemukakan pada halaman selanjutnya.

Pengetahuan menyeluruh tentang system penampungan air (*water storage*) dan gerakan air tanah dianggap penting untuk suatu pemahaman yang lebih baik tentang proses dan mekanisme daur hidrologi. Air permukaan (aliran sungai, air danau/waduk dan genangan air permukaan lainnya) dan air tanah pada prinsipnya mempunyai keterikatan yang erat serta keduanya mengalami proses pertukaran yang berlangsung terus menerus. Selama musim kemarau, kebanyakan sungai masih mengalirkan air. Air sungai tersebut sebagian besar berasal dari dalam tanah (*baseflow*), terutama dari daerah hulu sungai yang umumnya merupakan daerah resapan yang didominasi oleh daerah bervegetasi (hutan). Karena letaknya yang lebih tinggi, daerah hulu juga memiliki curah hujan lebih besar daripada daerah di bawahnya. Oleh adanya kedua kombinasi keadaan tersebut, selama berlangsungnya musim hujan sebagian besar musim hujan tersebut dapat ditampung oleh daerah resapan dan secara gradual dialirkan ke tempat yang lebih rendah sehingga kebanyakan sungai masih mengalirkan air sepanjang musim kemarau, meskipun besarnya debit aliran pada musim tersebut cenderung menurun bahkan di beberapa tempat aliran sungai berhenti sama sekali. Di beberapa daerah arid (kering), keadaan yang sebaliknya dapat terjadi, artinya kebanyakan sungai tidak lagi mampu mengalirkan air, terutama apabila air larian menjadi sumber utama bagi pengisian air tanah. Oleh karenanya, pengetahuan tentang perilaku gerakan air dalam tanah dapat membantu memahami terjadinya fluktuasi debit aliran, terutama pada musim kemarau.

Dalam membahas air tanah, selain faktor-faktor diatas permukaan tanah yang ikut mempengaruhi proses terbentuknya air tanah, ada faktor yang tidak kalah penting dalam mempengaruhi proses terbentuknya air tanah. Faktor tersebut adalah informasi geologi, dan oleh karenanya, penting untuk dipelajari karakteristiknya. Formasi geologi adalah formasi batuan atau material lain yang berfungsi menyimpan air tanah dalam

jumlah besar. Dalam membicarakan proses pembentukan air tanah formasi geologi tersebut dikenal sebagai akifer (*aquifer*). Dengan demikian, akifer pada dasarnya adalah kantong air yang berada di dalam tanah. Akifer dibedakan menjadi dua : akifer bebas (*unconfined aquifer*) dan akifer terkekang (*confined aquifer*) seperti terlihat pada Gambar 6.1.

Akifer bebas terbentuk ketika tinggi muka air tanah (*water table*) menjadi batas atas zona tanah jenuh. Tinggi muka air tanah berfluktuasi tergantung pada jumlah dan kecepatan air (hujan) masuk ke dalam tanah, pengambilan air tanah, dan permeabilitas tanah. Sedangkan akifer terkekang dikenal sebagai artesis, terbentuknya ketika air tanah dalam dibatasi oleh lapisan kedap air sehingga tekanan di bawah lapisan kedap air tersebut lebih besar daripada tekanan atmosfer. Gambar 6.1 menunjukkan bahwa sumur atau pipa yang dibuat sampai ke dalam akifer terkekang, maka tinggi permukaan air akan naik melebihi lapisan kedap air yang memisahkan kedua akifer tersebut diatas.



Gambar 6.1 Akifer bebas dan akifer terkekang
(sumber : Asdak,2007)

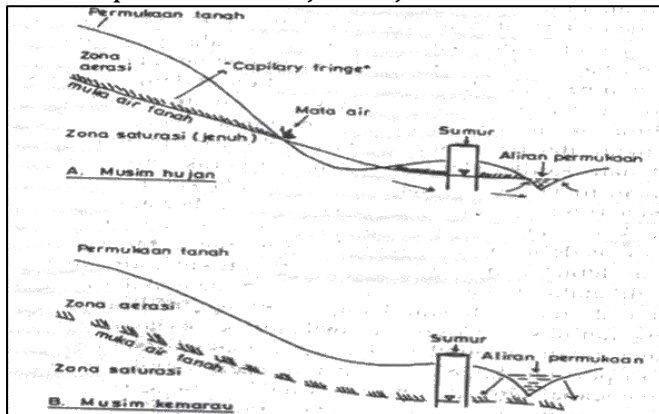
Dalam sistem pengelolaan air tanah yang sudah tertata, pengambilan air tanah akan selalu disesuaikan dengan tingkat kebutuhan. Pada tingkat pengelolaan seperti ini informasi tentang potensi air tanah yang ada di daerahnya menjadi penting. Oleh karenanya, potensi air tanah tersebut perlu dipetakan untuk perencanaan pemanfaatan selanjutnya. Seperti halnya tinggi muka air tanah, tinggi permukaan *pizometrik* juga dapat dipetakan (peta kontur) dengan cara mengukur tinggi permukaan air sumur yang dibuat khusus untuk maksud-maksud pengukuran tinggi muka air tanah. Gambar 6.2 tersebut di bawah ini menunjukkan cara pemantauan tinggi muka air secara otomatis.



Gambar 6. 2 Alat Pemantauan otomatis fluktuasi tinggi muka air tanah
(sumber : Asdak,2007)

Wilayah atau zona aerasi adalah bagian dari profil tanah yang terletak di antara permukaan tanah dengan bagian atas dari zona jenuh air (gambar 6.2). Bagian atas dari zona jenuh dikenal sebagai muka air tanah (*water table*), yang dapat diketahui dari ketinggian muka air sumur. Sedikit diatas permukaan air tanah adalah *capillary fringe*, yaitu suatu wilayah di dalam tanah ketika air yang berasal dari zona jenuh di “tarik” oleh gaya kapiler ke dalam zona aerasi. Wilayah *capillary fringe* ini tidak beraturan dan selalu berubah mengikuti tingginya muka air tanah. Perlu diketahui bahwa

zona aerasi tidak selamanya kering, zona tersebut dapat menjadi jenuh, terutama pada waktu terjadi hujan lebat.



Gambar 6.3 Karakteristik air tanah dan perubahan tinggi muka air tanah (sumber Asdak, 2007)

Hal lain yang perlu ditekankan adalah bahwa tinggi muka air tanah bukan suatu permukaan air yang bersifat statis. Ia berfluktuasi, naik dan turun tergantung pada fluktuasi curah hujan (Gambar 6.3). Selama musim hujan, keluar mata air karena tinggi muka air tanah naik kemudian bersinggungan dengan permukaan tanah dan sebagian air tanah tersebut akan mengisi sungai disekitarnya (Gambar 6.3a). Sungai yang mendapat pasokan yang berasal air dari tanah disebut sungai *effluent*. Pada musim kemarau, tinggi permukaan tanah turun sehingga mata air yang keluar di musim hujan menjadi berhenti serta air tanah tidak lagi memasok aliran sungai di sekitarnya.

6.2. Karakteristik Akifer

Uraian mengenai terbentuknya air tanah tersebut di atas menunjukkan bahwa peranan formasi geologi atau akifer amatlah penting. Formasi geologi tertentu, baik yang terletak pada zona bebas (*unconfined aquifer*) maupun zona terkekang (*confined*

aquifer), terdapat memberikan pengaruh tertentu pula terhadap keberadaan air tanah. Dengan demikian, karakteristik akifer mempunyai peranan yang menentukan dalam proses pembentukan air tanah. Berikut ini akan diulas karakteristik akifer yang akan mempengaruhi proses dan mekanisme pengisian air tanah. Ulasan utama akan ditekankan pada tipe dan zona formasi geologi.

1. Tipe Akifer

Dalam menentukan kesesuaian formasi geologi untuk tujuan pengisian air tanah, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, terutama mengenai akifer, karakteristik zona tanah tidak jenuh, dan juga karakteristik zona tanah jenuh. Untuk studi kelayakan atau penelitian yang menekankan pentingnya proses dan mekanisme pengisian air tanah, karakteristik formasi geologi atau akifer yang relevan untuk dipelajari adalah (AWRC, 1982):

- 1) Tipe formasi batuan, karena jenis batuan akan menentukan tingkat permeabilitas akifer.
- 2) Kondisi tekanan hidrolika dalam tanah, yakni untuk menentukan apakah air tanah berada di zona bebas atau zona terkekang.
- 3) Kedalaman permukiman potensiometrik di bawah permukaan tanah, terutama di sekitar daerah pelepasan atau pengambilan air.

Pengaruh kondisi hidrologi formasi geologi pada pengisian air tanah dalam bentuk bagaimana akifer bereaksi terhadap proses pengisian air tanah yang berasal dari daerah resapan. Apabila pengisian air tanah yang berasal dari air hujan memasuki zona akifer bebas, maka akan mengakibatkan kenaikan tinggi muka air tanah. Dengan kata lain, lapisan geologi atau akifer bebas terletak di bawah daerah resapan

akan menjadi jenuh. Dalam hal ini, koefisien kapasitas tampung air tanah dan premeabilitas tanah memegang peranan penting dalam hal naik dan turunnya tinggi muka air tanah selama proses pengisian air tanah berlangsung.

2. Zona Akifer

Untuk usaha-usaha pengisian kembali air tanah melalui peningkatan proses infiltrasi tanah serta usaha-usaha reklamasi air tanah, maka kedudukan akifer dapat dipandang dari dua sisi yang beda :

a) Zona akifer tidak jenuh

Adalah suatu zona penampung air di dalam tanah yang terletak di atas permukaan air baik di dalam keadaan alamiah [permanen] atau sesaat setelah berlangsungnya periode pengambilan air tanah .

b) Zona akifer jenuh

Adalah zona penampung air yang terletak di bawah permukaan air tanah kecuali zona penampung air tanah yang sementara jenuh dan berada di bawah daerah yang sedang mengalami pengisian air tanah.

Penyebaran air tanah dapat dibedakan berdasarkan daerah penyebaran menjadi zona aerasi (zona akifer tidak jenuh) dan zona jenuh (zonah akifer jenuh}. Pada zona akifer jenuh, semua pori-pori tanah terisi oleh air dibawah tekanan hidrostatik. Zona ini dikenal sebagai zona air tanah.

Zona aerasi dapat dibagi menjadi beberapa bagian wilayah penampungan air tanah seperti tersebut di bawah ini (todd, 1960).

1) Zona air tanah (*soil water zone*)

Zona air tanah bermula dari permukaan tanah dan berkembang ke dalam tanah melalui akar tanaman. Kedalaman yang dicapai air tanah ini bervariasi

tergantung pada tipe tanah dan vegetasi. Zona air tanah ini dapat diklasifikasikan menjadi: zona air higroskopis, yaitu air yang diserap langsung dari udara di atas permukaan tanah; air kapiler; dan air gravitasi, yaitu air yang bergerak ke dalam tanah karena gaya gravitasi bumi.

2) Zona pertengahan (*intermediate zone*)

Zona ini umumnya terletak antara permukaan tanah dan permukaan air tanah dan merupakan daerah infiltrasi.

3) Zona kapiler (*capillary zone*)

Zona kapiler terbentang dari permukaan air tanah ke atas sampai ketinggian yang dapat dicapai oleh gerakan kapiler.

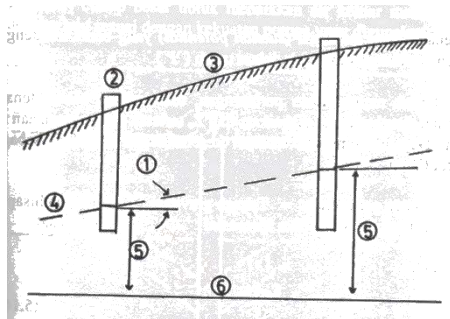
4) Zona jenuh (*saturated zone*)

Pada zona jenuh ini semua pori-pori tanah terisi oleh air.

6.3 Gerakan Air Tanah

Perbedaan potensi kelembaban total dan kemiringan antara dua titik/lokasi dalam lapisan tanah dapat menyebabkan gerakan air dalam tanah. Air bergerak dari tempat dengan potensi kelembaban tinggi ke tempat dengan potensi kelembaban yang lebih rendah. Selanjutnya air akan bergerak mengikuti lapisan (lempengan) formasi geologi sesuai dengan arah kemiringan lapisan formasi geologi tersebut. Kelembaban tanah tidak selalu mengakibatkan gerakan air dari tempat basah ke kering. Air dapat bergerak dari tempat kering ke daerah basah seperti terjadi pada proses perkolasi air tanah. Oleh pengaruh energi panas matahari, air juga dapat bergerak ke arah permukaan tanah, sampai tiba gilirannya menguap ke udara (proses evaporasi).

Konsep gerakan air tanah lebih mudah dipahami dengan melihat ilustrasi seperti tampak pada Gambar 6.4 .



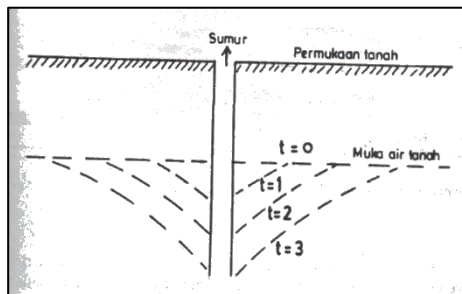
1. Kemiringan air tanah, 2. Lubang pengamatan gerakan air tanah, 3. Permukaan air tanah, 4. Permukaan air tanah, 5. Tinggi air tanah di atas datum, dan 6. Datum yang diasumsikan.

Gambar 6.4 Ilustrasi diagram kedudukan air tanah (sumber Asdak, 2007)

Dengan memahami konsep gerakan air tanah, ada dua hal yang relevan untuk dibicarakan, yaitu :

1) Pengambilan air tanah

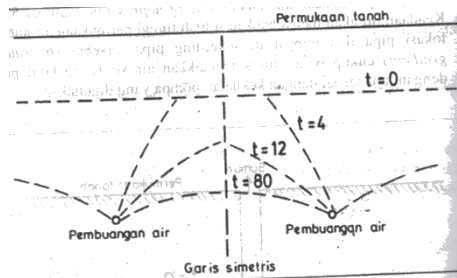
Pemukaan air tanah menurun sebagai akibat kegiatan pengambilan air tanah, akan terbentuk cekungan permukaan air tanah (*one of depression*, gambar 6.5). keadaan ini akan menyebabkan selisih tinggi permukaan air antara lokasi pipa dan tempat disekilingnya tersebut (hydraulic gradient) cukup besar untuk menaikkan air keluar melalui pipa dengan laju sesuai kekuatan pompa yang digunakan.



Gambar 6.5 perubahan tinggi permukaan air sebagai akibat kegiatan pemompaan air tanah (sumber Asdak, 2007)

2) Drainase air tanah

Sistem pembuangan air tanah yang sering digunakan adalah dua saluran pembuangan air berpenutup yang sejajar ditempatkan dalam tanah. Apabila penutup saluran tersebut dibuka, menyebabkan permukaan air tanah turun seperti tampak pada Gambar 6.6. Dalam kasus ini, saluran pembuangan air tersebut dapat disamakan fungsinya dengan sungai di daerah tangkapan air yang sebagian wilayah terdiri atas hutan dengan kemiringan lereng terjal.



Gambar 6.6 Pengaruh pembuangan air terhadap penurunan tinggi permukaan air tanah (sumber Asdak, 2007)

Cara lain yang lazim dimanfaatkan untuk menurunkan tinggi permukaan air tanah dengan pembuatan kanal atau saluran –saluran terbuka, cara ini biasanya digunakan pada daerah-daerah dengan kemiringan lereng kecil.

6.4 Pengambilan Air Tanah

Bagi kebanyakan masyarakat, terutama di kawasan industri, air tanah merupakan pilihan yang paling disukai sebagai sumber kebutuhan air. Hal ini biasanya berkaitan dengan kenyataan bahwa pada musim kemarau jumlah air

permukaan (sungai, danau, waduk) menyusut drastis dan seringkali diikuti dengan menurunnya kualitas air sampai pada tingkat tidak layak untuk dimanfaatkan. Berbeda dari aliran air permukaan di daerah hilir, aliran air tanah jauh lebih lambat daripada air permukaan sehingga keberadaan air tanah di dalam tanah lebih lama dibandingkan air permukaan. Dengan demikian pemanfaatan air tanah juga lebih leluasa daripada air permukaan, terutama selama musim kemarau berlangsung. Hal ini menjadi salah satu faktor pendorong besarnya pemanfaatan air tanah oleh industri dan/atau pemukiman.

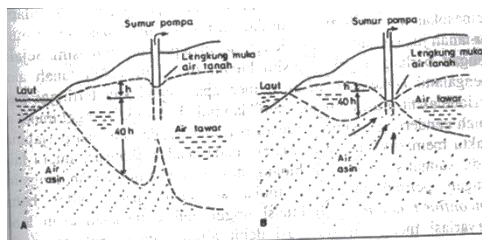
6.5 Dampak Lingkungan Pengambilan Air Tanah

Air tanah tidak secara nyata menjadi komponen dari daur hidrologi dan oleh karenanya banyak perencanaan pembangunan dalam melaksanakan kegiatannya seringkali kurang mengantisipasi timbulnya dampak negatif terhadap lingkungan sumber daya air tanah. Untuk itu, pertimbangan yang lebih baik terhadap pencagaran sumber daya air tanah harus lebih diperhatikan dalam kaitannya dengan kegiatan pembangunan (perumahan, industri dan kegiatan lainnya yang bersifat merubah bentang lahan).

Telah dikemukakan bahwa ketika air tanah dipompa keluar melalui sumur-sumur artesis, terjadilah apa yang disebut sebagai *cone of depression*, yaitu melengkungnya permukaan air tanah di sekitar sumur ke arah sumur atau pipam yang digunakan untuk mengambil air tanah. Semakin besar laju pengambilan air tanah, semakin besar lengkungan permukaan air tanah yang terjadi di sekitar sumur sampai tercapai keseimbangan baru dengan masuknya air hujan dari daerah resapan. Demikian seterusnya, keseimbangan baru akan selalu tercapai sepanjang suplai air mencukupi. Tetapi, ketika laju pengambilan air tanah dari banyak sumur terlalu besar dibandingkan suplai air, maka lengkungan-lengkungan

permukaan air tanah dari satu sumur ke sumur lainya akan menyebabkan terjadinya penurunan tinggi muka air tanah secara permanen.

Di daerah pantai, penurunan tinggi muka air tanah dapat mengakibatkan terjadinya intrusi air laut. Ilustrasi proses terjadinya instrusi air laut dapat dilihat pada gambar 6.7. Pengambilan lebih (*over-exploitation*) air tanah di daerah sekitar pantai dapat mengakibatkan melengkung tinggi muka air tanah (atas dan bawah) di sekitar sumur.



Gambar 6.7 Daerah dekat laut, air tanah tawar berkedudukan di atas air asin/laut. Ketinggian lapisan air tanah tawar di atas permukaan air asin sama dengan seper empat puluh dari kedalaman air tanah tawar. B. Pengambilan lebih air tanah tawar akan mengakibatkan melengkungnya muaka air tanah di kedua batas air tanah (atas dan bawah), dan pada giliranya dapat mengakibatkan ilustrasi air laut ke sumur-sumur pengambilan air tanah.

Perkembangan lebih lanjut dari kegiatan pengambilan air tanah secara berlebihan akan mengakibatkan terjadinya intrusi air laut ke arah sumur. Keadaan ini menyebabkan tidak dapat dimanfaatkan air tanah tersebut atau diperlukan biaya yang tidak sedikit untuk mengubahnya menjadi air yang dapat dimanfaatkan oleh manusia atau ternak.

6.6 Fluktuasi Tinggi Muka Air Tanah dan Pasokan Air Tanah

Fluktuasi tinggi air tanah secara alamiah akan mengalami keadaan keseimbangan. Tinggi muka air tanah akan mengalami fluktuasi dua hal, yaitu adanya kegiatan pengambilan air tanah untuk konsumsi manusia, industri dan pertanian dan adanya pemasokan air tanah di daerah-daerah resapan. Fluktuasi tinggi muka air tanah juga terjadi seiring dengan adanya pergantian musim. Sejalan dengan berlangsungnya musim hujan, tinggi muka air tanah akan mengalami kenaikan dan akan mencapai kedudukan tertinggi muka air tanah cenderung menurun secara bertahap sejalan dengan perjalanan waktu memasuki musim kemarau. Pada keadaan khusus, antara lain, pada sungai-sungai yang bidang dasarnya bersinggungan langsung dengan permukaan tinggi muka air tanah pada akifer bebas (*unconfined aquifers*), fluktuasi tinggi muka air tanah akan lebih bervariasi mengikuti fluktuasi debit aliran sungai. Selama musim kemarau atau musim hujan dengan jumlah maupun intensitas curah hujan sangat terbatas, debit aliran sungai pada dasarnya berasal dari aliran air tanah (*groundwater flow*) dari daerah tangkapan air di sekitar sungai tersebut. Akifer-akifer bebas yang mempunyai tinggi muka air tanah dekat dengan permukaan tanah seringkali menunjukkan fluktuasi diurnal yang kecil dan hal lain ini berkaitan dengan berlangsungnya proses-proses evaporasi dan transpirasi.

Keseimbangan alamiah kuantitas air tanah dapat diubah dengan cara berikut :

- 1) Meningkatkan debit aliran (pengambilan) air tanah, terutama untuk irigasi atau industri.
- 2) Pemasokan air tanah melalui pembuatan bangunan-bangunan permanen air hujan.
- 3) Memperbanyak bangunan-bangunan drainase yang merupakan saluran pembuangan air sisa irigasi (bangunan drainase ini harus diusahakan mempunyai

bidang dasar berupa tanah yang memiliki sifat permeabilitas tinggi sehingga memungkinkan berlangsungnya proses infiltrasi air buangan tersebut).

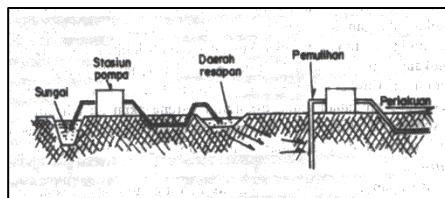
- 4) Perubahan tataguna lahan ke arah keadaan yang kondusif terhadap peningkatan usaha pemasokan air tanah atau dengan kata lain memperluas daerah resapan air tanah (*groundwater recharge area*).

6.7 Daerah Resapan Buatan

Air bawah permukaan (air tanah) umumnya mempunyai kelebihan dibandingkan air permukaan (sungai, waduk, danau) dalam hal bahwa air tanah lebih terlindungi dari kontaminasi bakteri dan organisme patogen yang menyebabkan timbulnya penyakit yang berkaitan dengan air yang tidak bersih. Namun demikian, perlu disadari bahwa air tanah tidak selalu tersedia dan apabila tersedia adakalanya jumlah yang dapat diambil terbatas. Seperti telah dikemukakan pada bagian terdahulu, bahwa dalam jangka panjang, pengambilan air tanah tidak lagi dapat melebihi jumlah (debit) air tanah yang tersedia secara alamiah. Oleh karenanya, apabila jumlah air hujan yang menjadi air tanah adalah sedikit, maka jumlah air tanah yang dapat diambil dari akiifer juga menjadi terbatas. Dalam kondisi tertentu, penambahan air tanah dapat diupayakan secara buatan yaitu dengan membuat daerah resapan buatan (*artificial recharge area*). Kegiatan yang harus dilakukan, antara lain, dengan mengalirkan air sungai atau waduk/danau masuk kedalam tanah, baik dilakukan cara langsung atau dengan cara mengalirkan air sungai/waduk tersebut ke daerah resapan yang telah disiapkan. Daerah resapan biasanya ditandai oleh tingginya laju infiltrasi, sehingga air yang mengalir ke daerah tersebut mudah masuk kedalam tanah dan menjadi air tanah.

Daerah resapan buatan ini harus mempunyai tanah dengan tingkat laju infiltrasi cukup besar serta formasi lapisan tanah dengan gradien (daerah ketinggian) yang memungkinkan terjadi gerakan air tanah. Air yang berasal dari sumber air kemudian dialirkan ke daerah resapan buatan dengan harapan, pada gilirannya nanti akan menjadi air tanah. Dengan proses ini dapat diperoleh dua keuntungan, yaitu :

- 1) Aliran air dari sumber air ke daerah resapan buatan dapat dihentikan apabila ditemukan tanda-tanda adanya pencemaran atau kualitas air rendah pada sumber.
- 2) Biaya pengadaan air tanah dapat dihemat apabila akifer terletak di dekat sumber.



Gambar 6.8 skema daerah resapan buatan (sumber Asdak, 2007)

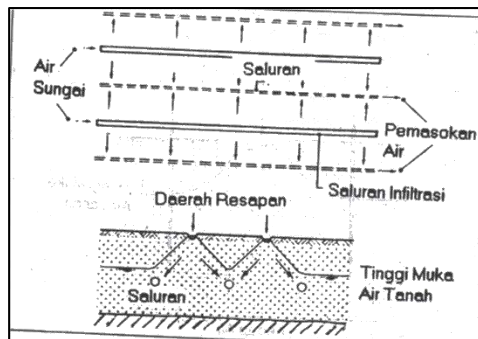
Perlakuan terhadap air tanah yang dihasilkan perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya pengendapan sedimen atau unsur organisme lainnya di pipa air sehingga dapat menurunkan daya tampung pipa yang digunakan. Tindakan perlakuan juga berguna untuk memastikan bahwa air tanah dihasilkan masih layak untuk dikonsumsi manusia. Hal ini perlu dipertimbangkan mengingat bahwa dalam perjalanan air tanah tersebut dapat menjadi *anaerobic* atau kemungkinan terlarutnya zat besi dalam air tanah. Desain daerah resapan buatan biasanya ditentukan oleh tiga faktor seperti tersebut dibawah ini:

- 1) Laju infiltrasi air di rencana daerah resapan buatan. Laju infiltrasi diusahakan rendah sehingga waktu yang diperlukan untuk membersihkan atau memperbaiki

daerah resapan buatan tersebut cukup lama (paling kurang dalam waktu beberapa bulan).

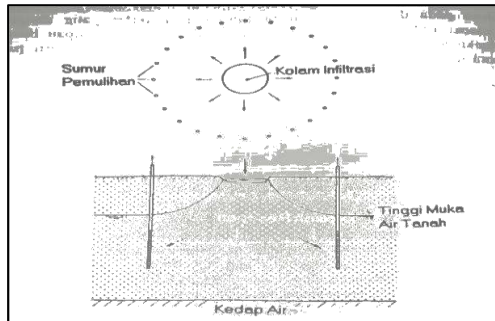
- 2) Waktu perjalanan air dalam tanah dan panjang jalan yang harus ditempuh.
- 3) Beda tinggi maksimum yang diperbolehkan antara tinggi muka air tanah dan air yang berada di daerah resapan buatan.

Dari kombinasi ketiga faktor tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa pada daerah resapan buatan dengan akifer yang dangkal, terutama akifer dengan partikel pasir halus, daerah resapan buatan sebaiknya dalam bentuk saluran air terbuka (ditches) seperti pada Gambar 6.9.



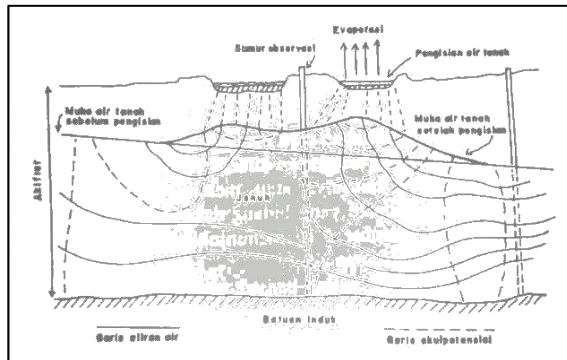
Gambar 6.9 Pemasokan air tanah padab akifer dangkal dengan cara pembuatan saluran terbuakan dan saluran pembuangan (drains)

Untuk daerah akifer dalam, terutama daerah dengan komposisi partikel tanah kasar, daerah resapan buatan sebaiknya dibua dalam bentuk kolam (*pond*) yang dikelilingi oleh sumur-sumur penjernih seperti tampak pada Gambar 6.10 (Hofkes et al.,1983 dalam Asdak, 2007).



Gambar 6.10. Pemasok air tanah pada akifer dalam dengan cara kolam infiltrasi

Hal yang perlu diperhatikan dalam proses pengisian kembali air tanah melalui cara infiltrasi adalah mencegah agar air infiltrasi tidak terkontaminasi oleh unsur-unsur pencemar kualitas air. Oleh karenanya, apabila aktivitas pengisian kembali air tanah tersebut diperuntukan bagi pemasokan air untuk konsumsi manusia (umum dilakukan di daerah kering yang keperluan airnya tergantung pada pemanenan air hujan), maka disarankan untuk melakukan perlakuan awal terhadap sumber air infiltrasi tersebut. Cara yang relatif praktis dan tidak mahal adalah dengan melakukan oksidasi di dalam saluran-saluran yang mengalirkan air tersebut dialirkan masuk ke dalam tanah maka perlu dilakukan proses denitrifikasi atau nitrifikasi terhadap sumber air tersebut.



Gambar 6.11 Skema penampang melintang yang menunjukkan aliran air infiltrasi ke dalam akifer homogen (dimodifikasi dari AWRC, 1982 dalam Asdak, 2007).

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C., 2007. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press. Cetakan ke 4 revisi. 620 hal.
- AWRC, 1982. Guidelines for the use of reclaimed water for aquifer recharge. Report of the working group on aquifer recharge with reclaimed water. Australian water resources council, water management series no.2. **102** hal.
- Bren, L., 1979. Some Notes Upon The Variable-Source-Area Concept. Unpublished paper. School Of Forestry, University Of Melbourne.
- Brady, N.C., 1974. *The Nature And Properties Of Soils*. 8th Edition. MacMilan publishing Co., Inc. New York. 639 hal.
- Dunne, T. dan L.B. Leopold, 1978. *Water in Environmental Planning*. W.H. Freeman and Company. 818 hal.
- Dunne, T., 1978. Field studies of hill slope flow processes. Dalam hillslope hydrology. M.J. Kirkby (ed.). John Wiley & Sons. 389 hal.
- DHV dan IWACO, 1989. Natural Environment Study, Review Urban Development Strategy, Bandung Metropolitan Area. Directorate General Cipta Karya, Dept. Of Public Work, Bandung.
- Hillel, D., 1971. *Soil and Water : physical principles and process*. Academic Press, New York. 288 Hal.
- Hofkes, E.H. L. Husiman, B.B. Sandersan, J.M. De Azevedo Netto, dan J.N. Lanoix, 1983. Small community water supply. John Wiley & Son, New York. 442 hal.
- Hewlett, J.D., 1982. *Principles of Forest Hydrology*. The University of Georgia Press. Athens, USA. 183 hal.
- IWACO DAN waseco, 1990. West Java Provincial Water Sources Master Plan for Water Supply. Government of Indonesia Ministry of Public Works, Directorate General of Human Settlement. Jakarta.

- Kramer,O.J.,1983. *Water Relations of Plants*. Academic Press, Santa Clara, California.
- Knapp,B.J., 1978. Infiltration and Storage of Soil water. Dalam Hilslope Hydrology. M.J.Kirkby (ed). John wiley & Sons. 389 hal.

BAB 7

PERENCANAAN KEBUTUHAN AIR

Oleh Erika Herliana

7.1 Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan mendasar bagi seluruh makhluk hidup. Tanpa adanya ketersediaan air di muka bumi maka kehidupan akan punah. Dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk dunia dan meningkatnya beragam aktivitas masyarakat maka seiring waktu kebutuhan akan air pun terus melonjak. Kondisi ini perlu dikelola dengan cermat agar kebutuhan air dapat tercukupi.

Meskipun secara kuantitas ketersediaan air di bumi melimpah, namun pada kenyataannya masalah kelangkaan air sering terjadi akibat dari pengelolaan sumberdaya air yang kurang tepat dan beragamnya kegiatan manusia (Mediawan et al., 2021). Hampir semua kegiatan manusia dalam kesehariannya memerlukan air, baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara garis besar kebutuhan air secara umum terbagi dalam beberapa sektor seperti rumah tangga, perkotaan, industri, irigasi, peternakan, perikanan, dan pemeliharaan sungai. Dengan beragam kebutuhan air di setiap sektor ini, memerlukan suatu tata kelola agar ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan tersebut.

7.2 Kebutuhan Air Berbagi Sektor

Dalam merencanakan suatu sistem penyediaan air, perlu diketahui kebutuhan dan penggunaan air. Kebutuhan air adalah jumlah air yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan dasar per satuan konsumsi air. Kebutuhan air dipengaruhi oleh jumlah

populasi, musim, iklim, kebiasaan dan gaya hidup masyarakat, ketersediaan fasilitas perpipaan, dan beragam kegiatan industri.

Secara garis besar, kebutuhan air terbagi ke dalam kebutuhan air domestik dan non-domestik. Air non-domestik adalah air yang digunakan untuk menunjang kegiatan di permukiman selain untuk memenuhi kebutuhan dasar domestik. Standar penyediaan air non-domestik ditentukan oleh perkantoran, kesehatan, industri, komersial, publik, dan lain-lain. Semakin banyak fasilitas non-domestik di suatu daerah, semakin banyak pula kebutuhan air untuk mendukung kegiatan fasilitas non-domestik tersebut. Kegiatan dan rencana pembangunan kota harus diketahui untuk memprediksi kebutuhan air non-domestik. Kebutuhan air dapat diprediksi berdasarkan populasi di mana konsumen non-domestik dapat dihitung berdasarkan standar pasokan air domestik. Oleh karena itu perlu diketahui jenis dan jumlah fasilitas di masa yang akan datang (Purnawan et al, 2021).

Kebutuhan air suatu daerah akan semakin meningkat sebagai dampak dari pertumbuhan penduduk dan kegiatan pembangunan. Pengelolaan sumberdaya air diperlukan untuk dapat memenuhi kebutuhan penduduk dan bisa berkelanjutan. Sehingga analisis potensi sumberdaya air yang ada dengan kebutuhan air suatu daerah perlu dilakukan untuk mencegah kelangkaan pasokan air di masa yang akan datang. Suatu daerah tidak akan mampu memenuhi proyeksi kebutuhan air di masa yang akan datang jika tidak mengelola pasokan kebutuhan airnya. Diperlukan strategi yang efektif untuk meningkatkan ketersediaan air agar dapat memenuhi kebutuhan.

Pengelolaan air merupakan masalah yang kompleks. Diperlukan pergeseran paradigma dari pengelolaan secara konvensional menuju pengelolaan berkelanjutan. Tata kelola air merupakan faktor penting dalam ketahanan air. Cara efektif untuk mengurangi krisis air adalah dengan mengelola kebutuhan air dengan memahami penggunaan air di berbagai sektor,

mengembangkan alat dan strategi penghematan air, dan penggunaan kembali atau daur ulang untuk berbagai keperluan. Contoh pengelolaan kebutuhan air yang dapat diterapkan adalah pendidikan tentang kepekaan terhadap air. Pendidikan kesadaran masyarakat merupakan komponen penting dari pengelolaan kebutuhan air serta partisipasi berbagai pemangku kepentingan dalam keputusan kebijakan dan pengembangan. (Hasbiah & Kurniasih, 2019).

Dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 6728.1-2015 mengenai Penyusunan Neraca Spasial Sumber Daya Alam – Bagian 1: Sumber Daya Air, disebutkan bahwa analisis kebutuhan air terbagi dalam beberapa sektor, yaitu kebutuhan air irigasi, kebutuhan air rumah tangga, perkotaan, dan industri (RKI), kebutuhan air peternakan, kebutuhan air perikanan, dan kebutuhan air pemeliharaan sungai.

7.2.1 Kebutuhan Air Irigasi

Pertanian dengan menggunakan irigasi merupakan pengguna air yang paling dominan, yaitu sekitar 80% dari penggunaan air secara keseluruhan. Kebutuhan air irigasi dihitung berdasarkan KP01 Pedoman Perencanaan Irigasi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan (2013). Kebutuhan air dipengaruhi oleh luas areal tanam, jadwal tanam, evapotranspirasi acuan, hujan efektif, jenis tanah, dan efisiensi saluran irigasi. Perhitungan kebutuhan air untuk irigasi kemudian dibandingkan dengan data pengambilan air untuk irigasi dari bendungan. Kebutuhan air irigasi digunakan untuk pertanian, peternakan, dan perikanan.

Kebutuhan air untuk irigasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kebutuhan persiapan air (IR), kebutuhan konsumsi air tanaman (E_{tc}), perkolasi (P), kebutuhan air untuk penggantian lapisan air (RW), curah hujan efektif (ER), efisiensi air irigasi (IE),

dan luas lahan irigasi (A). Jumlah kebutuhan air irigasi dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$IG = (E_{tc} + IR + RW + P - ER) / IE \times A$$

Keterangan :

IG	= kebutuhan air irigasi, (m ³)
E_{tc}	= kebutuhan konsumsi air, (mm/hari)
IR	= kebutuhan air untuk persiapan lahan, (mm/hari)
RW	= kebutuhan air untuk mengganti lapisan air, (mm/hari)
P	= perkolasi, (mm/hari)
ER	= curah hujan efektif, (mm/hari)
IE	= efisiensi irigasi
A	= luas lahan irigasi, (m ²)

7.2.1.1 Kebutuhan Konsumsi Air (Etc)

Kebutuhan air untuk tanaman di lahan diartikan sebagai kebutuhan air konsumtif dengan memasukkan koefisien tanaman (K_c). Persamaan umum yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

$$E_{tc} = E_{to} \times K_c$$

Keterangan:

E_{tc}	= kebutuhan konsumsi air (mm/hari)
E_{to}	= evapotranspirasi (mm/hari)
K_c	= koefisien tanaman

Evapotranspirasi dapat dihitung dengan metode Penman dan nilai K_c mengikuti cara FAO.

7.2.1.2 Kebutuhan Air untuk Persiapan Lahan (IR)

Kebutuhan air untuk persiapan lahan sangat menentukan kebutuhan maksimum air irigasi. Faktor-faktor yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan air adalah:

- kurun waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan persiapan lahan;
- besarnya volume air yang diperlukan untuk persiapan lahan.

Kebutuhan air persiapan lahan yang didasarkan pada laju air konstan dalam liter/detik selama periode persiapan air dihitung dengan metode yang dikembangkan oleh *Van de Goor* dan *Zijlstra*.

$$IR = M[e^k/(e^k-1)]$$

Keterangan:

IR = kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)

M = kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang telah dijenuhkan (mm/hari)

$$E_o + p, E_o = 1,1 \times E_{to}$$

Keterangan

P = perkolasi (mm/hari)

T = jangka waktu persiapan air (hari) dan $k = M \times (T/S)$

S = kebutuhan air untuk penjenjutan ditambah dengan lapisan air 50 mm

Perhitungan kebutuhan air untuk persiapan air digunakan $T = 30$ hari dan $S = 250$ mm. Ini sudah termasuk banyaknya air untuk penggenangan setelah transplantasi, yaitu sebesar 50 mm serta kebutuhan persemaian.

7.2.1.3 Kebutuhan Air untuk Pengganti Lapisan Air (RW)

Penggantian lapisan air dilakukan dua kali, masing-masing ketebalan 50 mm (atau 3,3 mm/hari selama ½ bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

7.2.1.4 Perkolasi (P)

Laju perkolasi sangat tergantung pada sifat tanah daerah tinjauan yang dipengaruhi oleh karakteristik geomorfologis dan pola pemanfaatan lahannya. Pada tanah lempung berat dengan pengolahan yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1-3 mm/hari. Untuk jenis tanah pasir, laju perkolasi dapat mencapai 4-6 mm/hari.

7.2.1.5 Hujan Efektif (ER)

Curah hujan efektif dihitung dengan menggunakan pendekatan intersepsi. Intersepsi (IC) ialah jumlah air hujan yang tertahan atau tidak sampai ke tanah (zona perakaran tanaman) dan selanjutnya dianggap hilang. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$IC = 0,5e^{0,48}(\text{hujan}_t)^{0,84} \times 0,93242$$

Keterangan

IC = intersepsi (mm)

Untuk tanaman palawija intersepsi akan tergantung pada penutup arealnya. Besarnya diperkirakan setengah dari rerata intersepsi tanaman padi. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$IC = 0,25e^{0,48}(\text{hujan}_t)^{0,84} \times 0,93242$$

Keterangan

IC = intersepsi (mm)

Hujan efektif dasar adalah curah hujan netto yang jatuh di petak sawah setelah mengalami intersepsi dan penguapan sebelum mencapai permukaan lahan. Rumusan untuk besaran ini adalah sebagai berikut:

$$ER_{(t)} = \text{hujan}_{(t)} - IC_{(t)}, \text{ dengan ketentuan } \text{hujan}_{(t)} > IC_{(t)}$$

$$ER_{(t)} = 0, \text{ dengan ketentuan } \text{hujan}_{(t)} < IC_{(t)}$$

Keterangan

$ER_{(t)}$ = hujan efektif dasar tiap satuan waktu (mm)

$hujan_{(t)}$ = tebal hujan (mm)

$IC_{(t)}$ = kapasitas intersepsi tiap satuan waktu (mm)

7.2.1.6 Efisiensi Irigasi (IE)

Efisiensi irigasi merupakan indikator utama dari unjuk kerja suatu sistem jaringan irigasi. Efisiensi irigasi didasarkan asumsi Sebagian dari jumlah air yang diambil akan hilang, baik di saluran maupun di petak sawah.

7.2.1.7 Luas Areal Irigasi (A)

Proyeksi luas areal irigasi dapat diperkirakan dengan cara mempertimbangkan potensi daerah irigasi yang masih dapat dikembangkan, ketersediaan airnya, dan perkembangan jumlah penduduk.

7.2.2 Kebutuhan Air Rumah Tangga, Perkotaan, dan Industri (RKI)

Kebutuhan air rumah tangga, perkotaan, dan industri dihitung dengan menggunakan data statistik kependudukan berdasarkan pedoman dari Direktorat Jenderal Cipta Karya. Hasil perhitungan kebutuhan air bersih dibandingkan dengan data pengambilan air baku oleh PDAM terkait.

7.2.2.1 Kebutuhan Air Bersih Rumah Tangga (Domestik)

Kebutuhan air bersih rumahtangga adalah air yang diperlukan untuk rumah tangga yang diperoleh secara individu dari sumber air yang dibuat oleh masing-masing rumah tangga seperti sumur dangkal, perpipaan atau hidran umum atau dapat diperoleh dari layanan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) PDAM.

Sumber air baku yang dipakai oleh PDAM terdiri dari air tanah, air permukaan atau gabungan dari keduanya. Pemakaian air yang dipergunakan dipengaruhi oleh:

- jenis sumber air (sambungan ke rumah atau hidran umum);
- jenis pemakaian (toilet, mandi, dll.);
- peralatan per rumah tangga;
- penggunaan air di luar rumah (taman, cuci mobil, dsb.);
- tingkat pendapatan.

Jumlah kebutuhan air baku rumah tangga bergantung pada kategori kota berdasarkan jumlah penduduk dalam satuan liter/orang/hari seperti tampak pada Tabel 7.1. Kehilangan air juga dipertimbangkan untuk menghitung total kebutuhan air baku rumah tangga. Kerugian bisa berasal dari :

1. Kerugian dalam proses sebesar 6%
2. Kehilangan air yang tidak terhitung sebesar 25%

Tabel 7.1 Kebutuhan air baku rumah tangga per orang per hari berdasarkan kategori kota

Kategori kota	Jumlah penduduk (jiwa)	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) (liter/orang/hari)
Kota Metropolitan	>1.000.000	150-200
Kota Besar	500.000-1.000.000	120-150
Kota Sedang	100.000-500.000	100-125
Kota Kecil	20.000-100.000	90-110
Desa	3.000-20.000	60-90

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2015)

Data kependudukan yang digunakan biasanya berasal dari Biro Pusat Statistik (BPS).

7.2.2.2 Kebutuhan Air Perkotaan

Kebutuhan air perkotaan lainnya untuk kehidupan sehari-hari meliputi penggunaan air untuk aspek komersial dan sosial seperti: toko, gudang, bengkel, sekolah, rumah sakit, dan hotel yang diasumsikan sebesar 15%-30% dari total penggunaan air rumah tangga. Semakin besar dan padat penduduk akan cenderung lebih banyak memiliki daerah komersial dan sosial sehingga kebutuhan airnya akan lebih tinggi.

Dalam perencanaan studi kebutuhan air Indonesia untuk perkotaan diasumsi sebesar 30% dari kebutuhan air bersih rumah tangga, dengan nilai konstan dari setiap tahapan perencanaan, sehingga sampai proyeksi kebutuhan air untuk tahun 2029 nilainya sama sebesar 30%.

7.2.2.3 Kebutuhan Air Industri

Sektor industri yang dimaksud mencakup semua kegiatan industri yang memiliki pasokan air sendiri. Industri kecil yang terletak di perkotaan termasuk ke dalam sektor domestik karena penyediaannya berasal dari pasokan domestik. Contoh kegiatan industri yang memiliki pasokan air sendiri misalnya, industri kimia, kertas, tekstil, manufaktur, makanan, bahan bangunan, dan sebagainya (Bijl et al, 2016).

Untuk mengetahui perhitungan kebutuhan air dalam industri, model dengan aktivitas industri yang memerlukan pasokan air secara intensif, memerlukan beberapa asumsi. Di antaranya, volume produksi jangka panjang dan intensitas air untuk setiap jenis industri di suatu daerah.

Air di kawasan industri terutama digunakan untuk kegiatan produksi yang meliputi penggunaan untuk memroses bahan mentah dan kebutuhan penunjang industri lainnya. Menurut

Standar Nasional Indonesia (SNI) 6728.1-2015, untuk mendapatkan perhitungan yang tepat dari kebutuhan air industri, diperlukan data mengenai jumlah tenaga kerja, kawasan industri, dan jenis industri. Namun, jika datanya terbatas, perkiraan dapat dilakukan dengan menggunakan prediksi penggunaan air.

Kebutuhan air industri diasumsikan 30%-70% dari total kebutuhan air rumah tangga dan perkotaan. Karena keterbatasan data industri di Indonesia, klasifikasi kawasan industri dapat diadaptasi dari pendekatan rencana tata ruang nasional (Peraturan Pemerintah Indonesia No. 26 Tahun 2008). Berdasarkan peraturan tersebut, tiga jenis pusat kegiatan industri tergantung pada skalanya. Pusat kegiatan terbesar disebut Pusat Kegiatan Nasional (PKN). Dalam hal ini, PKN merupakan wilayah perkotaan yang dimaksudkan untuk melayani skala provinsi, nasional, dan internasional. Sedangkan untuk skala yang lebih kecil disebut dengan Pusat Kegiatan Wilayah (PKW) yang merupakan kawasan perkotaan yang memiliki fungsi melayani kegiatan skala provinsi atau beberapa kabupaten/kota. Selanjutnya, wilayah terkecil disebut dengan Pusat Kegiatan Lokal (PKL) yang memiliki skala kegiatan di tingkat kabupaten/kecamatan.

Berdasarkan klasifikasi tersebut, diasumsikan bahwa jumlah kebutuhan air industri untuk daerah-daerah di kelompok PKN lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah PKW dan PKL. Daerah yang termasuk dalam kategori PKN diasumsikan memiliki nilai kebutuhan air industri sebesar 50% dari total air kebutuhan rumah tangga, sedangkan wilayah yang masuk kategori PKW diasumsikan memiliki nilai kebutuhan air industri sebesar 40% dari total kebutuhan air rumah tangga. Jika suatu daerah masuk kategori PKL, maka daerah tersebut diasumsikan memiliki kebutuhan air industri sebesar 30% dari total kebutuhan air rumah tangga (Mediawan et al., 2021).

7.2.3 Kebutuhan Air Peternakan

Perhitungan kebutuhan air rata-rata untuk peternakan tergantung pada populasi /jumlah ternak dan jenis ternak. Secara umum kebutuhan air untuk ternak dapat diestimasikan dengan cara mengalikan jumlah ternak dengan tingkat kebutuhan air berdasarkan persamaan berikut ini:

$$Q_E = (q_{(1)} \times P_{(1)} + q_{(2)} \times P_{(2)} + q_{(3)} \times P_{(3)})$$

Keterangan:

- Q_E = kebutuhan air untuk ternak (l/hari)
- $q_{(1)}$ = kebutuhan air untuk sapi, kerbau, dan kuda (t/ekor/hari)
- $q_{(2)}$ = kebutuhan air untuk kambing dan domba (l/ekor/hari)
- $q_{(3)}$ = kebutuhan air untuk unggas (l/ekor/hari)
- $P_{(1)}$ = jumlah sapi, kerbau, dan kuda (ekor)
- $P_{(2)}$ = jumlah kambing dan domba (ekor)
- $P_{(3)}$ = jumlah unggas (ekor)

Besar kebutuhan air untuk ternak dijabarkan pada Tabel 7.2.

Tabel 7.2 Kebutuhan air untuk ternak

Jenis ternak	Kebutuhan air (l/ekor/hari)
Sapi/kerbau/kud a	40
Kambing/domba	5
Babi	6
Unggas	0,6

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2015)

7.2.4 Kebutuhan Air Perikanan

Kebutuhan air untuk perikanan diperkirakan berdasarkan luas kolam, tipe kolam serta kedalaman air yang diperlukan. Kebutuhan ini meliputi kebutuhan untuk mengisi kolam pada saat awal tanam dan penggantian air. Kebutuhan air untuk perikanan untuk selanjutnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{fp} = q(fp) / 1.000 \times A(fp) \times 10.000$$

Keterangan

Q_{fp} = kebutuhan air untuk perikanan (m³/hari)

$q(fp)$ = kebutuhan air untuk pembilasan (l/hari/ha)

$A(fp)$ = luas kolam ikan (ha)

7.2.5 Kebutuhan Air Pemeliharaan Sungai

Perlindungan aliran pemeliharaan sungai dilakukan dengan mengendalikan ketersediaan debit andalan 95%, yaitu aliran air (m³/detik) yang selalu tersedia dalam 95% waktu pengamatan, atau hanya paling banyak 5% kemungkinannya aliran tersebut tidak tercapai. Dalam hal debit andalan 95% tidak tercapai, pengelola sumber daya air harus mengendalikan pemakaian air di hulu.

Dengan demikian besarnya kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai dihitung berdasarkan debit andalan $Q_{95\%}$ dari data ketersediaan air yang ada.

7.3 Neraca Sumber Daya Air

Neraca air menggambarkan selisih antara ketersediaan air dengan kebutuhan air. Nilai ketersediaan air diperoleh dari perhitungan debit andalan 80%, sedangkan nilai kebutuhan air diperoleh dari total berbagai pemanfaatan air meliputi rumah tangga, perkotaan, dan industri (RKI), irigasi, peternakan,

perikanan, dan aliran pemeliharaan. Selisih antara ketersediaan dan kebutuhan dapat digolongkan dalam dua klasifikasi. Klasifikasi pertama, apabila nilai ketersediaan lebih kecil dari kebutuhan sehingga bernilai negatif maka dikatakan defisit. Klasifikasi kedua, apabila nilai ketersediaan lebih besar dari nilai kebutuhan sehingga bernilai positif maka dikatakan surplus.

7.3.1 Indeks Pemakaian Air

Indeks Pemakaian Air (IPA) adalah suatu indeks yang menggambarkan pemakaian air. Pemakaian air dihitung berdasarkan perbandingan antara kebutuhan dibagi dengan ketersediaan. Nilai perhitungan yang diperoleh kemudian akan diklasifikasikan berdasarkan Tabel Indeks Pemakaian Air di bawah ini.

Tabel 7.3 Indeks Pemakaian Air

Indeks Pemakaian Air (IPA)	Klasifikasi
Di bawah 10%	Tidak kritis
Antara 10% dan 20%	Kritis ringan
Antara 20% dan 40%	Kritis sedang
Di atas 40%	Kritis berat

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2015)

Menurut SNI 6728.1:2015 mengenai Penyusunan Spasial Neraca Sumber Daya Alam-Bagian 1. Sumber Daya Air yang menggunakan data ketersediaan air andalan Q80%, klasifikasi IPA berdasarkan Tabel 7.3 di atas terdiri dari empat kategori yaitu di bawah 10%, antara 10% sampai 20%, antara 20% sampai 40% dan di atas 40%. Pemakaian air diklasifikasikan tidak kritis untuk nilai IPA di bawah 10%, sedangkan kritis ringan untuk nilai IPA 10%-20%. Klasifikasi pemakaian air kritis sedang untuk nilai IPA di

antara 20%-40%. Klasifikasi yang paling berat yaitu kritis berat dengan nilai IPA di atas 40%, hal ini menandakan kebutuhan air sudah di atas 40% dari ketersediaan.

Kriteria lain dari Alcamo et al (2000) yang menggunakan ketersediaan air debit rata-rata, telah digunakan untuk membandingkan neraca ketersediaan dan kebutuhan air di dunia sampai dengan tahun 2025. Indikator yang digunakan dinamakan *Critically Ratio* (CR), yang merupakan perbandingan antara jumlah kebutuhan air terhadap ketersediaan air rata-rata tahunan. Nilai CR di atas 40% dinamakan tekanan berat (*high water stress*), dan CR di atas 80% sebagai tekanan sangat berat (*very high water stress*). Penetapan klasifikasi indikator ini didasarkan atas asumsi bahwa debit andalan Q90% berada anatar 30% sampai dengan 70% dari besarnya debit rata-rata tahunan, sehingga jika CR berada di atas 40% maka dinamakan telah tertekan berat.

7.3.2 Indeks Ketersediaan Air

Indeks Ketersediaan Air per kapita menggambarkan besaran air yang dapat dimanfaatkan setiap orang dalam satu tahun. Indeks ketersediaan air per kapita dapat diperoleh dari perbandingan antara jumlah penduduk dengan ketersediaan air. Nilai ketersediaan air yang diperoleh dapat digolongkan dalam empat kondisi berdasarkan Tabel 7.4.

Berdasarkan Tabel 7.4 nilai ketersediaan air dapat digolongkan dalam empat kondisi yaitu tanpa tekanan, ada tekanan, ada kelangkaan, dan kelangkaan mutlak. Ketersediaan air dikatakan tanpa tekanan apabila mempunyai nilai lebih besar dari 1700 m³/tahun/kapita, sedangkan kondisi ada tekanan jika nilai indeks ketersediaan berada pada 1000-1700 m³/tahun/kapita. Kondisi paling parah dengan adanya kelangkaan mutlak jika setiap orang hanya memperoleh nilai lebih kecil dari 500 m³/tahun/kapita. Kriteria dibuat berdasarkan *benchmark* data statistik berbagai negara, mencakup ketahanan pangan, rumah

tangga, dan industri. Kriteria tentang adanya kelangkaan jika ketersediaan air berada di bawah 1.000 m³/tahun/kapita ini telah digunakan oleh Bank Dunia.

Tabel 7.4 Indeks Ketersediaan Air

Indeks Ketersediaan Air perkapita (m³/tahun/kapita)	Kondisi
Lebih besar dari 1700	Tanpa tekanan (<i>no stress</i>)
1000-1700	Ada tekanan (<i>stress</i>)
500-1000	Ada kelangkaan (<i>scarcity</i>)
Lebih kecil dari 500	Kelangkaan mutlak (<i>absolute scarcity</i>)

Sumber: Falkenmark, 1989

7.3.3 Penyajian Data Neraca Sumber Daya Air

Penyusunan neraca sumber daya air disajikan dalam bentuk Tabel Neraca Sumber Daya Air dan Peta Neraca Sumber Daya Air per Daerah Aliran Sungai. Neraca sumber daya air terdiri dari ketersediaan air dan kebutuhan air. Kolom Ketersediaan Sumber Daya Air (Aktiva) menggambarkan jumlah air dalam satuan satu tahun menurut sumbernya. Kolom Kebutuhan Air (Pasiva) berisi keterangan penggunaan air untuk berbagai kebutuhan. Saldo akhir merupakan sisa air yang tidak termanfaatkan pada suatu daerah aliran sungai untuk air permukaan dan kemungkinannya sudah tidak di tempat itu tetapi sudah mengalir ke laut.

Neraca sumber daya air spasial berbeda dengan neraca sumber daya alam lainnya. Satuan wilayahnya lebih pada daerah aliran sungai/wilayah sungai daripada administrasi. Untuk satu wilayah propinsi dan kabupaten bisa terdiri atas daerah aliran sungai atau wilayah sungai atau sebaliknya satu DAS terdiri dari dua wilayah propinsi/kabupaten, sehingga nantinya akan tergambar sebaran secara spasial per DAS. Dalam penyusunan

Neraca Sumber Daya Air Spasial suatu WS/DAS/SubDAS, simbol area untuk WS/DAS/SubDAS itu sendiri sebagai hasil dari pengurangan antara cadangan air dan penggunaan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Alcom, J., Henrichs, T., Rosch, T. 2000. *World Water in 2025 – Global modeling and scenario analysis for the World Commission on Water for the 21st Century*. Report A0002, Center for Environmental Systems Research, University of Kassel, Kurt Wolters Strasse 3, 34109 Kassel, Germany
- Bijl, DL., et al. 2016. *Long-term Water Demand for Electricity, Industry and Households*. Environmental Science & Policy, 55, 75-86. doi: 10.1016/j.envsci.2015.09.005
- Falkenmark, M. 1989. "The Massive Water Scarcity Now Threatening Africa: Why Isn't It Being Addressed?". AMBIO, Vol. 18, No. 2, pp. 112-118. JSTOR
- Hasbiah, AW., & Kurniasih, D. 2019. *Analysis of water supply and demand management in Bandung City Indonesia*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 245 (012030). DOI:10.1088/1755-1315/245/1/012030
- Mediawan, Y., Montarchi, L., Soetopoi, W., & Prayogo, TB. 2021. *Water balance supporting the irrigation water demand in Java Island, Indonesia*. Indonesian Journal of Geography Vol. 53, No. 1 (9-19). DOI: <http://dx.doi.org/10.22146/ijg.59102>
- Purnawan, MY., Hendrayana, H., & Setiadji, LD. 2021. *Assessment of groundwater utilization in the Bandung-Soreang groundwater basin based on non-domestic water demand planning standards*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 930 (012065). doi: 10.1088/1755-1315/930/1/012065
- Sudarmadji, Hadi, P., & Widyastuti, M. 2022. *Pengelolaan Sumberdaya Air Terpadu*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press

BAB 8

KARAKTERISTIK DAN BADAN AIR

Oleh Arifin Daud

8.1 Pendahuluan

Air adalah kebutuhan vital dalam kehidupan. Makhluk hidup memerlukan air untuk melakukan kegiatan dalam kehidupan. Air adalah sumber daya yang ada di muka bumi dengan ketersediaan berlimpah. Namun, ketersediaan air tersebut tidak semuanya dapat digunakan secara langsung bahkan tidak dapat digunakan oleh makhluk hidup terutama manusia.

8.2 Karakteristik Air

Untuk mengenal lebih jauh mengenai air, perlunya dipelajari karakteristik air. Air memiliki karakteristik yang khusus dan tidak dimiliki oleh senyawa kimia lainnya. Beberapa karakteristik yang dimiliki air, meliputi:

1. Air memiliki wujud cair pada suhu antara 0°C sampai 100°C. Untuk suhu 0°C adalah titik beku air dan 100°C adalah titik didih air. Jika air yang ada tidak memiliki sifat tersebut, maka tidak akan ditemukan kehidupan di muka bumi karena sekitar 60%-90% bagian sel makhluk hidup adalah air.
2. Air merupakan penyimpan panas yang sangat baik karena perubahan suhu air berlangsung lambat. Hal ini menyebabkan air tidak menjadi dingin maupun panas dalam seketika. Suhu air yang mengalami perubahan secara lambat dapat memelihara suhu bumi sesuai untuk

- mahluk hidup. Oleh karena itu, air dapat digunakan sebagai pendingin mesin yang sangat baik.
3. Air mengalami evaporasi (perubahan menjadi uap air). Pada proses ini diperlukan panas yang tinggi dan energi yang banyak. Kebalikannya adalah kondensasi (perubahan uap air menjadi cairan). Untuk proses ini terjadi pelepasan energi yang banyak. Hal tersebut mengakibatkan kondisi sejuk saat berkeringat dan penyebaran panas di muka bumi dengan baik.
 4. Air dapat melarutkan berbagai tipe senyawa kimia, Air adalah pelarut yang baik. Air laut memiliki senyawa kimia hingga 35.000 mg/liter dan air hujan hanya memiliki sedikit senyawa kimia. Hal ini membantu menyalurkan unsur hara terlarut ke seluruh jaringan tubuh makhluk hidup dan bahan-bahan beracun yang ada di dalam jaringan tubuh makhluk hidup dapat dikeluarkan kembali. Jadi, air dapat digunakan untuk pengencer bahan pencemar yang masuk ke badan air dan pencuci yang baik.
 5. Air memiliki tegangan permukaan yang tinggi (tekanan antar-molekul cairan tinggi). Hal ini mengakibatkan air dapat membasahi suatu bahan secara baik (*higher wetting ability*). Selain itu, dapat menyebabkan terjadinya sistem kapiler (kemampuan bergerak dalam pipa kapiler/pipa dengan lubang kecil). Dikarenakan air merupakan pelarut yang baik dan adanya sistem kapiler, maka unsur hara dibawa air dari dalam tanah ke jaringan tumbuhan (akar, batang, dan daun). Adanya tegangan permukaan juga membantu beberapa organisme (jenis-jenis insekta) merayap di permukaan air (Effendi, 2003).
 6. Air merupakan satu-satunya senyawa yang merenggang ketika membeku. Ketika membeku, air merenggang mengakibatkan es memiliki nilai densitas (massa/volume) lebih rendah dibandingkan air. Oleh karena itu, es dapat

mengapung di air. Hal ini juga mengakibatkan danau-danau di daerah yang beriklim dingin hanya membeku di bagian permukaan (di bawah permukaan berupa cairan), sehingga kehidupan organisme akuatik tetap ada. Selain itu, pipa air pecah saat membeku. Pada suhu $3,95^{\circ}\text{C}$, densitas (berat jenis) air maksimum $1,0 \text{ g/cm}^3$. Untuk suhu lebih besar maupun lebih kecil dari $3,95^{\circ}\text{C}$, densitas air lebih kecil dari $1,0 \text{ g/cm}^3$.

7. Air tidak memiliki bentuk kekal, tetapi selalu berubah sesuai bentuk dari wadah yang ditempati. Air dapat melarutkan dan melapukkan benda-benda keras tertentu serta melepaskan kembali zat yang larut didalamnya.

8.3 Badan Air

Tujuh pulun persen atau lebih dari $2/3$ permukaan bumi berupa air. Air didistribusikan ke seluruh muka bumi dalam berbagai bentuk dan ukuran, yang disebut badan air. Badan air mendistribusikan air baik air tawar maupun air asin.

8.3.1 Lautan

Lautan merupakan badan air yang luas dan dalam. Semua lautan yang ada di muka bumi saling terhubung satu sama lain. Lautan adalah badan air yang paling luas di muka bumi dan berupa kumpulan garan air (air asin). Biasanya, lautan merupakan pemisah antar benua. Ada lima lautan utama yaitu Lautan Pasifik, Lautan India, Lautan Atlantik, Lautan Arktik, dan Lautan Selatan (Antartika).

1. Lautan Pasifik

Lautan Pasifik merupakan lautan terbesar dan terdalam di muka bumi ($1/3$ muka bumi). Lautan Pasifik dikelilingi oleh (i) Amerika Utara dan Amerika Selatan di bagian Timur (ii) Asia dan Australia di bagian Barat (iii)

Lautan Arktik di bagian Utara dan (iv) Lautan Atlantik dan Lautan India di bagian Selatan.

2. Lautan Atlantik

Lautan Atlantik merupakan urutan kedua lautan terbesar di dunia. Lautan Atlantik memiliki bentuk seperti huruf „S“ dan cekungan berbentuk S memanjang. Lautan Atlantik berada di (i) antara Eropa dan Afrika ke Timur dan Amerika ke Barat (ii) Utara sampai ke lingkaran Arktik (iii) Selatan menyatu dengan Lautan Pasifik dan Lautan India.

3. Lautan India

Lautan India merupakan lautan yang diberi nama suatu negara. Bentuknya menyerupai segitiga. Lautan India dikelilingi oleh (i) Asia di bagian Utara (ii) Lautan Selatan (Antartika) di bagian Selatan (iii) Afrika dan Lautan Atlantik di bagian Barat (iv) Australia dan Lautan Pasifik di bagian Timur

4. Lautan Arktik

Lautan Arktik merupakan lautan yang paling kecil dan dangkal dibandingkan lautan utama lainnya. Lautan Arktik merupakan lautan terdingin dikarenakan sebagian besar tertutup es sepanjang tahun. Amerika Utara, Eropa, dan Asia merupakan benua yang berbatasan dengan Lautan Arktik di bagian Selatan.

5. Lautan Selatan

Lautan Selatan juga dikenal sebagai Lautan Antartika.

8.3.2 Laut

Selain lautan, juga ditemukan banyak laut (badan air dengan ukuran lebih kecil dari lautan). Laut dibagi menjadi laut marginal (*marginal sea*) dan laut pedalaman (*inland sea*). Laut marginal adalah bagian dari lautan, sebagian dikelilingi oleh pulau-pulau atau semenanjung. Contoh laut marginal adalah Laut Barents, Laut

Siberia Timur, dan Laut Karibia. Laut pedalaman adalah laut yang menutupi pusat daratan. Contoh dari laut pedalaman yaitu laut Hitam, Laut Mati dan Laut Kaspia.

8.3.3 Teluk

Teluk adalah lekukan terkecil daratan oleh danau, laut, atau samudra. Biasanya, teluk merupakan tempat kapal berlabuh. Teluk dibedakan menjadi tiga jenis yaitu *cove*, *gulf*, dan *bay*. *Gulf* lebih besar dari *bay* dan biasanya berupa potongan daratan yang dalam. Ukuran *bay* lebih besar dari *cove*, sehingga *cove* memiliki ukuran yang paling kecil. Pada Gambar 8.1 dapat dilihat ilustrasi salah satu teluk yang ada di Negara Indonesia.



Gambar 8.1 Teluk Tomini

(Sumber: Dewan Kelautan Indonesia (DEKIN): Teluk Tomini Destinasi Pariwisata Bahari Dunia)

8.3.4 Sungai

Sungai merupakan aliran air secara alami dan berupa air tawar, mengalir ke lautan, danau, laut, maupun sungai lainnya. Untuk kondisi tertentu, sungai mengalir ke tanah atau mengering seluruhnya sebelum sampai di badai air lainnya. Menurut Peraturan Pemerintah No 38 Tahun 2011, sungai adalah wadah air baik alami atau buatan berupa jaringan aliran air termasuk airnya, aliran dari bagian hulu menuju muara, bagian kanan dan kiri sungai dibatasi garis sempadan. Sungai juga dapat didefinisi sebagai

wadah air mengalir dan terletak di bagian dengan elevasi paling rendah pada permukaan bumi. Sebuah sungai selalu berhubungan dengan daerah aliran sungai.

Wilayah sungai merupakan wilayah pengelolaan sumber daya air yang terdiri dari satu daerah aliran sungai maupun lebih dengan memiliki luas kurang dari atau sama dengan 2.000 km². Bantaran sungai terletak di antara kaki tanggul dan tepi palung sungai. Garis sempadan berupa garis di bagian kiri dan kanan sebuah palung sungai dan juga menjadi batas perlindungan sungai. Adanya sungai memiliki manfaat untuk kehidupan manusia dan alam. Manfaat sungai untuk kehidupan manusia, seperti mandi, mencuci, sumber minum serta makan, dan lain-lain. Selain itu, juga sebagai sarana transportasi yang relatif aman untuk menghubungkan antar wilayah. Pada Gambar 8.2 dapat dilihat salah satu sungai yang ada di Kota Palangkaraya.



Gambar 8.2 Sungai Kahayan

(Sumber: satufakta.blogspot.com/2017/07/10-alasan-palangkaraya-layak-jadi-ibukota.html)

8.3.5 Danau

Danau adalah badan air yang relatif tenang dengan ukuran yang cukup besar, terletak di cekungan, dikelilingi oleh daratan yang terpisah dari sungai, aliran atau bentuk lain dari air bergerak untuk mengalirkan air. Danau juga bisa menjadi asin karena tidak mengalir ke laut maupun lautan. Ilustrasi mengenai danau ditampilkan pada Gambar 8.3.



Gambar 8.3 Danau Angi Gigi

(Sumber: [Danau Diatas Awan Yang memukau Di Indonesia | Explore Indonesia \(indonesiaindahlo.blogspot.com\)](http://indonesiaindahlo.blogspot.com))

8.3.6 Kolam

Kolam merupakan danau kecil berupa kumpulan air yang dikelilingi oleh daratan, terkadang berukuran cukup besar.

8.3.7 Laguna

Laguna (*lagoon*) adalah badan air yang terputus dari badan yang lebih besar oleh terumbu pasir.

8.3.8 Saluran

Saluran (*channel*) adalah jalur air yang lebar di antara dua daratan yang terletak berdekatan. Saluran juga merupakan bagian dari aliran air atau badan air yang menghubungkan dua badan air

yang lebih besar. Saluran bisa berupa saluran alami maupun buatan. Pada Gambar 8.4 dapat dilihat ilustrasi dari saluran air.



Gambar 8.4 Saluran Air

(Sumber: www.geograph.org.uk/photo/3458426)

Badan air seperti sungai, danau, dan muara terus-menerus mengalami perubahan dinamis sesuai dengan umur geologi dan karakteristik geokimianya. Keseimbangan dinamis sistem perairan ini mudah terganggu oleh aktivitas manusia yang mengarah pada polusi yang dimanifestasikan secara dramatis sebagai kematian ikan, rasa dan bau yang tidak enak. Hal tersebut berpengaruh langsung terhadap jenis dan sebaran biota perairan.

DAFTAR PUSTAKA

- Danau Diatas Awan Yang memukau Di Indonesia | Explore Indonesia (indonesiaindahlo.blogspot.com)
- Dewan Kelautan Indonesia (DEKIN): Teluk Tomini Destinasi Pariwisata Bahari Dunia
- Hefni Effendi. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: PT Kanisius.
- Rismunandar. 1993. *Air Fungsi dan Kegunaannya Bagi Pertanian*. Bandung: Sinar Baru Algensindo
- satufakta.blogspot.com/2017/07/10-alasan-palangkaraya-layak-jadi-ibukota.html
- www.geograph.org.uk/photo/3458426

BAB 9

PELUANG, TANTANGAN DAN HAMBATAN PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR

Oleh Citra Indriyati

9.1 Pengelolaan Sumber Daya Air

Pengelolaan sumber daya air (SDA) yaitu kegiatan merencanakan, mengembangkan, menyalurkan, dan mengelola pemanfaatan sumber daya air secara optimal. Pengelolaan SDA merupakan sub-set dari manajemen siklus air. Pengelolaan SDA seperti hidrologi, tetapi skala kota. Secara umum, bidang pengelolaan SDA berhubungan dengan kegiatan pengendalian aliran air yang terhubung dengan karakteristik hidrologi seperti debit sungai dan aliran sedimen. Pengelolaan SDA yang berkelanjutan berguna untuk melestarikan dan melindungi SDA yang sedikit ketersediaannya di bumi. Jadi, pada dasarnya, apakah sumber daya air?

Sumber daya air merupakan sumber air yang bermanfaat atau berpotensi memiliki manfaat untuk manusia. Sumber daya air penting karena diperlukan untuk berlangsungnya kehidupan. Hampir semua kegiatan manusia membutuhkan air (air tawar). Oleh karena itu, pengelolaan SDA melibatkan cara memanfaatkan air yang ada secara efisien untuk meminimalkan kerugian di reservoir dan jaringan distribusi. Alokasi air untuk beragam pemangku kepentingan, penentuan prioritas seperti minum, penggunaan industri, dan tujuan pertanian merupakan bagian pengelolaan SDA.

Saat ini, mayoritas pembicaraan mengenai perubahan iklim dan pengaruhnya terhadap SDA, kebutuhan akan efisiensi pemanfaatan air di beragam tahap mengalami peningkatan. Pengelolaan SDA akan melibatkan tingkat pengelolaan lebih tinggi dari beberapa daerah aliran sungai (DAS) atau sistem yang berkaitan. Pendekatan pengelolaan SDA melalui pengembangan dan pengelolaan antara air, tanah, sumber daya lainnya yang terkait. Pendekatan yang dilakukan agar memaksimalkan kesejahteraan ekonomi dan sosial secara adil tanpa mengorbankan keberlanjutan ekosistem utama.

9.2 Pentingnya Konservasi dan Pengelolaan Sumber Daya Air

Perubahan iklim mendistribusikan kembali di mana air langka dan air berlimpah. Hal tersebut menunjukkan pentingnya pengelolaan SDA. Konservasi air mendistribusikan air dari daerah kelebihan air ke daerah kekurangan air melalui saluran distribusi sebagai penghubung antar daerah. Keberadaan sumber daya air tawar sangat kekurangan, tetapi pemanfaatan air local lebih baik terutama di bidang pertanian (adanya konservasi air yang besar). Sedangkan, keberadaan sumber daya air laut melimpah tetapi tidak dapat digunakan secara langsung dalam kehidupan manusia. Salah satu cara yaitu desalinasi air laut agar dapat meningkatkan pengelolaan SDA.

Sedangkan di perkotaan dapat dilakukan pengolahan grey water agar dapat digunakan kembali sebagai salah satu cara untuk mengganti sumber air dari PDAM. Selain itu, juga dilakukan penangkapan dan penyimpanan air hujan untuk konservasi dan pengelolaan SDA. Perubahan iklim merupakan gangguan untuk ketersediaan air di bumi. Oleh karena itu, diperlukannya konservasi dan pengelolaan SDA untuk keberlangsungan hidup dan keberlanjutan.

9.3 Komponen dan Teknik Pengelolaan Sumber Daya Air

Biasanya komponen dan teknik pengelolaan SDA menggunakan pendekatan terpadu dalam penerapan strategi terbaik dalam mengatasi masalah kekurangan air. Secara umum ada dua jenis pendekatan perencanaan dan manajemen yang dilakukan yaitu (i) pendekatan dari atas ke bawah (perintah dan control) dan (ii) pendekatan dari bawah ke atas. Uraian secara rinci mengenai kedua pendekatan tersebut adalah:

- (i) Pendekatan dari atas ke bawah
Perencanaan dan manajemen terdiri dari serangkaian laporan lengkap beserta lampiran yang menguraikan segala aspek pengelolaan dan penggunaan SDA. Pendekatan ini memiliki asumsi bahwa satu atau lebih Lembaga memiliki kemampuan dan kewenangan untuk melaksanakan dan mengembangkan rencana tersebut. Saat ini dengan kondisi publik meminta berkurangnya pengawasan dari pemerintah, maka pendekatan ini tidak diminati.
- (ii) Pendekatan dari bawah ke atas
Perencanaan dan manajemen terdiri dari keterlibatan para pemangku kepentingan secara aktif. Pihak yang terlibat adalah pihak-pihak yang terkena dampak akibat dari suatu keputusan. Pihak-pihak yang terlibat seperti para profesional, organisasi non-pemerintah, dan masyarakat berkolaborasi menciptakan kebijakan, program, dan rencana pengelolaan SDA yang adaptif dan komprehensif. Perencanaan dan pengelolaan SDA dimotivasi kesadaran adanya masalah untuk diselesaikan dan peluang untuk meningkatkan manfaat. Banyak metode untuk melakukan pengukuran manfaat yang diperoleh. Namun, metode terbaik biasanya tidak jelas. Metode yang diusulkan bisa memicu konflik. Untuk

mengatasi hal tersebut diperlukan pengkajian dan penelitian dengan cermat agar diperoleh rencana dan kebijakan manajemen yang terbaik.

Adanya transisi dalam pengelolaan SDA menuju pendekatan multi sektor terhadap permintaan yang dikenal dengan istilah pengelolaan SDA terintegrasi.

9.4 Peluang dan Hambatan Pengelolaan Sumber Daya Air

Peningkatan penerapan solusi berbasis alam seperti infrastruktur alam diperlukan pemahaman yang baik mengenai hubungan antara proses ekosistem, tanah, dan air. Selain itu pemahaman tentang manfaat dari aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Hal ini merupakan peluang dalam pengelolaan SDA. Contohnya pendekatan *green-grey hybrids*, manfaatnya restorasi dataran banjir sehingga berkurang risiko banjir di perkotaan, peningkatan kualitas air, pengisian kembali akuifer, dan adanya ruang untuk rekreasi. Hambatan yang dialami adalah kurangnya informasi mengenai pilihan alternatif infrastruktur alam, kelayakan, dan efektivitas biaya. Adanya update informasi mengenai kondisi tiap badan air termasuk kualitas airnya sehingga dapat menentukan tindakan yang akan dilakukan.

Peran serta setiap pihak dalam pengelolaan SDA serta memiliki akses untuk memperoleh informasi terbaru untuk meminimalkan masalah yang terjadi. Adanya kerjasama dan penelitian sehingga menghasilkan suatu metode atau strategi yang sesuai dengan karakter badan air suatu daerah. Hambatannya adalah tingkat kepedulian dari setiap pihak mengenai pengelolaan SDA. Hambatan dalam pengelolaan SDA adalah masyarakat yang telah terikat lama dengan tradisi lama dan masih membenarkan tradisi lama meskipun sudah tidak sesuai dengan kondisi sekarang ini.

Hambatan selanjutnya untuk beradaptasi dengan struktur baru, maka diperlukan komunikasi yang baik antar pengambil kebijaksanaan dengan pengguna agar tersampaikan dengan baik. Adanya keterbatasan sumber daya manusia yang memiliki pengetahuan dan pengalaman mengenai SDA serta memiliki kemampuan komunikasi yang baik agar dapat tersampaikan informasi dengan baik.

9.5 Tantangan Pengelolaan Sumber Daya Air

Tantangan pengelolaan SDA memiliki variasi sudut pandang yang berdasarkan konteksnya. Alam memelihara SDA dengan adanya curah hujan, aliran permukaan, dan permukaan air tanah. Tantangan terbesar dalam pengelolaan SDA yaitu manusia. SDA tawar yang ada di badan air seperti sungai maupun danau dicemari oleh kegiatan manusia. Jika tidak adanya pengelolaan air secara berkelanjutan, maka di masa depan akan terjadi perang air tawar. Air merupakan bagian penting dari kehidupan dan tanpa air tidak ada kehidupan di bumi. Kekurangan air secara ekstrem disebabkan oleh kekeringan yang berhubungan dengan terjadinya perubahan iklim di sebagian besar dunia. Hal tersebut dapat dilihat di kejadian aktual seperti banyaknya sungai mengering dan tercemar.

Apakah ketersediaan air tawar bagi generasi mendatang akan tercukupi untuk hidup? Air tawar digunakan manusia untuk berbagai kegiatan seperti minum, sanitasi, irigasi, dan lainnya. Manusia harus terlibat dalam pengelolaan SDA dengan mengubah gaya hidup agar memperoleh solusi berkelanjutan dalam pengelolaan SDA. Solusi tersebut mempertimbangkan berbagai pihak termasuk alamnya.

Populasi perkotaan mengalami penambahan dan terjadi perluasan perkotaan. Hal tersebut mengakibatkan peningkatan terhadap sistem penyediaan air, mengurangi ketersediaan lahan yang dapat ditanami bahkan peningkatan daerah tangkapan air. Air di setiap sistem suplai dialokasikan berdasarkan ketersediaan di

masa lalu atau permintaan yang ada dan tidak dipeliharanya ketersediaan saat ini atau masa depan. Hal tersebut mengakibatkan alokasi air di setiap sistem berlebihan.

Tidak memiliki rencana pengelolaan SDA maupun pembatasan untuk pengambilan SDA (pengambilan air sungai atau air tanah). Sehingga menyebabkan ketersediaan air berkurang secara signifikan. Adanya perubahan penggunaan lahan seperti perluasan perkebunan, pembukaan lahan baru untuk pertanian, dan penggundulan hutan. Hal tersebut memiliki pengaruh terhadap ketersediaan air di lahan tersebut.

Persyaratan lingkungan mencakup persyaratan aliran lingkungan dalam memelihara ekosistem mencakup lahan basah dan lingkungan di dalam aliran. Adanya perkiraan bahwa akan terjadi kekurangan 40% untuk pemenuhan permintaan air pada tahun 2030. Selain itu, terjadinya kelangkaan air kronis, ketidakpastian hidrologi, dan peristiwa cuaca seperti banjir dan kekeringan merupakan ancaman terbesar kemakmuran dan stabilitas global.

Adanya prediksi bahwa 40% populasi di dunia tinggal di daerah langka air. Oleh karena itu, diperlukannya keamanan air bagi semua negara. Selain itu, perubahan iklim memperburuk keadaan sehingga siklus hidrologi berubah, adanya peningkatan frekuensi dan intensitas dari banjir serta kekeringan. Akibatnya terjadi kerugian material dan terganggunya kehidupan makhluk hidup termasuk manusia.

Oleh karena itu, semua pihak harus berkolaborasi untuk menghasilkan solusi yang tepat. Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan kerangka hukum dan peraturan, penetapan harga air, insentif untuk pengalokasian, pengaturan dan pelestarian SDA yang lebih baik. Diperlukannya sistem informasi untuk pemantauan sumber daya, analisis sistem, prediksi, dan peringatan hidrometeorologi. Selain itu, adanya teknologi inovatif agar produktivitas meningkat, sumber daya dilindungi dan dilestarikan,

air hujan dan air limbah didaur ulang, sumber air non-konvensional dieksplorasi, serta penyimpanan air ditingkatkan termasuk pengisian dan pemulihan akuifer. Semua hal tersebut harus disebarakan dan diadaptasi agar keamanan air secara global dapat dicapai.

DAFTAR PUSTAKA

iiste.org/Journals/index.php/JRDM/article/view/51360
Loucks, D.P. and van Beek, E. 2017. Water Resource Systems Planning and Management – An Introduction to Methods, Models, and Applications. Springer Nature. Switzerland.
public.wmo.int/en/bulletin/new-challenges-water-resources-management-future-role-chy
www.iucn.org/news/south-america/202002/natural-infrastructure-opportunities-improve-water-resources-management
www.sciencedaily.com/terms/water_resources.htm
www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211464515300671
www.un.org/waterforlifedecade/iwrm.shtml
www.worldbank.org/en/topic/waterresourcesmanagement

BAB 10

PENGELOLAAN AIR SECARA FISIK

Oleh Winda Suryani Intifada

10.1 Pendahuluan

Air merupakan unsur yang diperlukan bagi keberlangsungan kehidupan bukan hanya oleh manusia tetapi juga hewan dan tumbuhan. Air di bumi tersebar pada beberapa badan air seperti sungai, danau, dan lautan. Aktivitas makhluk hidup dapat menyebabkan terjadinya pencemaran pada badan air, sementara sejalan dengan jumlah makhluk hidup yang meningkat kebutuhan akan air bersih pun ikut meningkat.

Pencemaran pada air ditandai dengan adanya makhluk hidup, zat, atau energi pada air yang menurunkan kualitasnya sampai pada tahap air tidak dapat dipergunakan atau dalam kata lain tidak memenuhi standar baku mutu. Pencemaran dapat berasal baik dari sektor domestik atau non domestik. Dalam menanggulangi pencemaran perlu dilakukan pengolahan pada air dengan tujuan mereduksi zat kontaminan yang terkandung sehingga aman untuk dibuang ke badan air atau memasuki pengolahan lanjutan untuk kembali digunakan.

Pengelolaan air terbagi menjadi tiga yakni pengelolaan secara fisik, kimia dan biologi. Proses pengelolaan tersebut dapat diaplikasikan secara keseluruhan atau dengan memilih salah satu metode. Pemilihan metode dapat didasarkan pada sifat komponen polutan yang akan diolah (Riffat, 2012).

10.2 Pengelolaan Air Secara Fisik

Proses pengelolaan air secara fisik merupakan proses yang memiliki prinsip utama untuk penghilangan padatan suspensi dalam air (Riffat, 2012). Pengelolaan air secara fisik terdiri dari tiga unit pengolahan yakni prasedimentasi, sedimentasi dan filtrasi.

10.2.1 Padatan Tersuspensi

Total Suspended Solid (TSS) merupakan padatan tersuspensi yang sifatnya padat serta dapat diklasifikasikan dengan perbedaan ukuran (Alaerts dan Sumestri, S., 1984). Padatan dan partikel tersuspensi menjadi penyebab dari kekeruhan air karena merupakan jenis yang tidak dapat larut ataupun mengendap. Padatan dan partikel tersuspensi terdiri dari partikel yang memiliki ukuran tidak lebih besar dari sedimen, contohnya seperti zat organik ataupun serpihan tanah serta jumlahnya dalam air dapat dihitung dengan Turbidimeter.

Partikel dalam air dibedakan menjadi partikel tersuspensi dan partikel koloid. Ukuran dari partikel tersuspensi adalah lebih besar dari 1 μm dan dapat dihilangkan dengan sedimentasi menggunakan gaya gravitasi. Ukuran dari partikel koloid adalah sekitar 0,01-1 μm (Kristijarti A. P., Ign suharto., Marieanna, 2013).

10.2.2 Prasedimentasi

Prasedimentasi merupakan unit pengolahan air awal yang berfungsi dalam proses pengendapan dari partikel diskrit seperti contohnya zat padat, pasir, ataupun kotoran yang terdapat di dalam air. Unit pengolahan ini dapat pula disebut sebagai *plain sedimentation* sebab prosesnya berpengaruh hanya pada gravitasi yang terlaksana secara sederhana tanpa tambahan bahan kimia seperti koagulan (Arifiani, 2007).

Tujuan dilakukannya pengendapan adalah untuk pemisahan air baku dengan kotoran dan lumpur sehingga meringankan pekerjaan unit selanjutnya yakni filtrasi (Gustinawati, 2018).

10.2.2.1 Zona Unit Prasedimentasi

Unit pengolahan prasedimentasi terdiri dari 4 zona atau ruang yakni (Hammer, 2014):

a. *Zona inlet*

Zona inlet atau dapat disebut zona masukan merupakan lubang tempat mengalirnya air sungai ke dalam unit pengolahan prasedimentasi yang memiliki fungsi untuk distribusi air secara merata ke bagian lain dari unit prasedimentasi

b. *Zona settling*

Zona settling merupakan ruang untuk pengendapan partikel yang tersuspensi, hal ini dipengaruhi oleh desntas partikel serta gaya gravitasi.

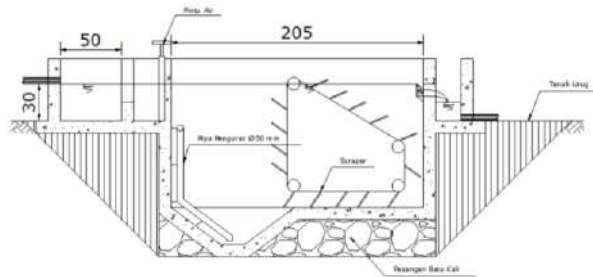
c. *Zona sludge*

Zona sludge sesuai namanya merupakan zona penyimpanan untuk lumpur endapan yang terbentuk akibat dari hasil pengendapan

d. *Zona outlet*

Zona outlet merupakan zona penyaluran untuk keluarnya air yang telah terpisah dari partikel suspensi dan sludge menuju pengolahan selanjutnya.

Prasedimentasi dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan dari bentuk dan mekanisme kerjanya yakni *rectangular* berbentuk kotak, *circular* berbentuk lingkaran, dan prasedimentasi alami yang bekerja dengan memanfaatkan gaya gravitasi bumi (Montgomery, 2010).



Gambar 10.1 Unit Prasedimentasi
(Sumber: Rosidi & Razif)

10.2.3 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan proses pengendapan dengan memanfaatkan berat jenis partikel serta gaya gravitasi. Material yang diendapkan umumnya berbentuk flok yang ada di dalam air setelah proses koagulasi. Sedimentasi dapat diartikan sebagai pengendapan dari suspensi dalam air. Proses pengolahan pada unit fisika sedimentasi menggunakan prinsip pemanfaatan berat jenis dari partikel koloid yang bertujuan untuk pemisahan partikel terhadap larutan yang digunakan dengan gravitasi (Carlsson, 1998).

Manan (1979) dalam *Pengaruh Hutan dan Manajemen Daerah Aliran Sungai*, menyatakan bahwa proses sedimentasi menghasilkan bahan yang terlarut berupa zat organik dan anorganik, bahan padat berupa bahan kasar mineral dan bebatuan serta total bahan yang terangkut dan berbentuk suspensi.

10.2.4 Tipe Sedimentasi

Proses sedimentasi terbagi ke dalam empat macam didasarkan pada interaksi antar partikel yang terjadi selama proses, yaitu:

1. Sedimentasi Tipe I (Plain Settling)

Sedimentasi tipe I dilakukan untuk mengendapkan dari partikel diskrit yang mampu mengendap tanpa bantuan dari penambahan zat kimia berupa koagulan memiliki fungsi untuk mengurangi kekeruhan dari air.

2. Sedimentasi Tipe II (Flocculant Settling)

Sedimentasi tipe II dilakukan untuk mengendapkan dari partikel koloid dengan bantuan dari penambahan zat kimia berupa koagulan.

3. Sedimentasi tipe III (Hindered Settling)

Sedimentasi tipe III dilakukan dalam mengendapkan partikel koloid dan suspensi yang seimbang, partikel berdekatan sehingga menjadi halangan bagi pengendapan partikel di dekatnya. Jenis ini umumnya digunakan untuk pengolahan air buangan.

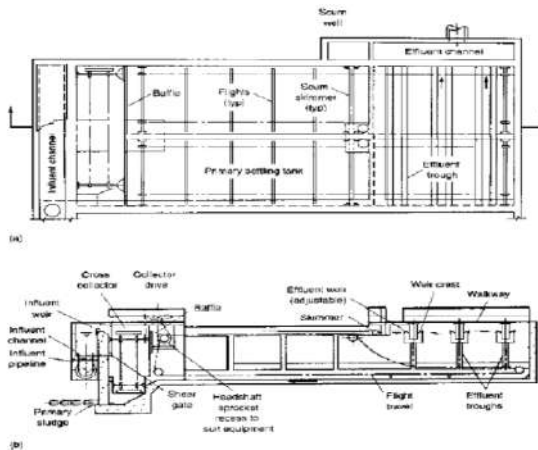
4. Sedimentasi tipe IV

Sedimentasi tipe IV adalah unit yang melanjutkan proses dari sedimentasi tipe III, ditandai dengan adanya kompresi dari massa partikel sehingga mendapat output konsentrasi sludge yang banyak.

Bak sedimentasi menggunakan bahan beton bertulang berbentuk persegi, lingkaran dan bujur sangkar yang dibuat memanjang menyesuaikan aliran untuk meminimalisir aliran pendek dan membuat kecepatan penyaluran air menjadi konstan.

1. Bujur Sangkar

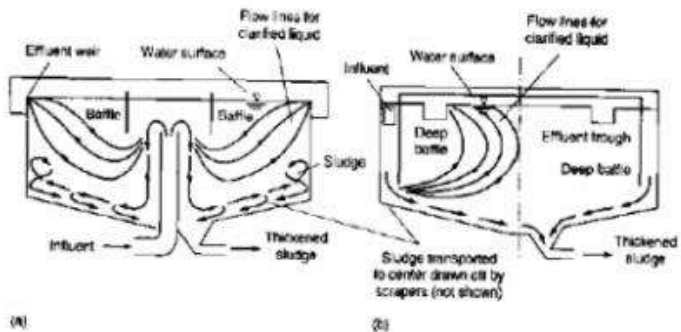
Pada unit sedimentasi berbentuk bujur sangkar salah satu aliran distribusinya kritis sehingga satu zona inletnya di desain dengan inlet limpahan, pot dan *orifice* atau *slotted baffles* dan lebar bukaan



Gambar 10.2 Unit Sedimentasi Bujur Sangkar
Sumber: Metcalf & Eddy. 2003.

2. Lingkaran

Pada unit sedimentasi berbentuk lingkaran aliran yang terjadi adalah pola radial dimana air akan masuk dari tengah tangki dan disebarakan ke seluruh bagian unit, diameternya antara 15 hingga 20% dari total tangki.



Gambar 10.3 Unit Sedimentasi Lingkaran
Sumber: Metcalf & Eddy (2003)

10.3 Filtrasi

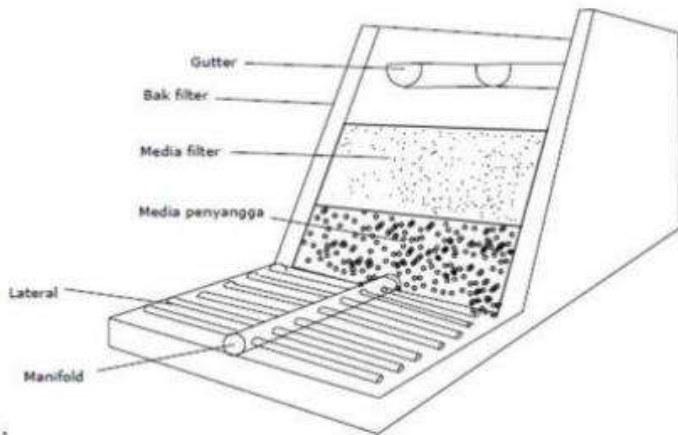
Filtrasi merupakan proses pemisahan antara padatan dan larutan yang dilakukan dengan pengaliran larutan melalui media filter penyaring yang berpori guna menyisihkan partikel tersuspensi yang lebih halus dibandingkan pada proses prasedimentasi dan sedimentasi. Beberapa media dan jenis yang dapat digunakan sebagai filter diantaranya adalah saringan pasir lambat, pasir cepat dan teknologi membran yang dapat menggunakan metode *Ultrafiltration*, *Nanofiltration*, *Microfiltration*, dan *Reverse Osmosis*.

Al-Layla (1978) menyebutkan bahwa partikel yang terkandung dalam air baik itu suspensi ataupun koloid tidak dapat mengendap secara menyeluruh dalam proses pengendapan atau sedimentasi, untuk penyempurnaan penyisihan dilakukan proses filtrasi dengan menyaring air melalui kombinasi pada pasir dan kerikil untuk tersisihkannya partikel-partikel dari air baku.

Faktor yang memiliki pengaruh pada proses penyaringan adalah sebagai berikut:

- a. Penyaringan pada lapisan media penyaring
- b. Pengendapan di dalam penyaring
- c. Kontak antar partikel dengan lapisan penyaring
- d. Proses adsorpsi
- e. Proses koagulasi
- f. Proses biologis dalam penyaring
- g. Tergabungnya zat koloid di penyaring

Media penyaring dapat berupa gabungan atau susunan dari pasir seperti pasir silika atau pasir garnet. Media yang digunakan dalam penyaringan dapat memiliki variasi ukuran, komposisi kimia serta bentuk yang sebelumnya perlu di analisa untuk mencapai gabungan efektif yang diharapkan.



Gambar 10.4 Unit Pengolahan Filter
Sumber: Reynolds dan Richards (1996)

10.3.1 Jenis Unit Filtrasi

1. Filter Pasir Cepat

Unit filtrasi jenis ini memiliki laju kecepatan mulai 6m/jam sampai 11m/jam, selalu lebih dulu menggunakan proses koagulasi flokulasi serta memasuki unit sedimentasi untuk menyisihkan partikel tersuspensi. Kekeruhan air ketika memasuki filter pasir cepat umumnya 5 – 10 NTU sementara efisiensinya adalah sebesar 90-98% (Masduqi dan Assomadi, 2012).

2. Filter Pasir Lambat

Unit filtrasi jenis ini memiliki laju kecepatan mulai 0,1 m/jam sampai 0,4m/jam dengan prinsip kerja membentuk lapisan biofilm pada permukaan media filter berupa pasir yang akan mengandung bakteri atau mikroorganisme yang akan menyerap partikel tersuspensi.

3. Filter Bertekanan

Unit filtrasi jenis ini bekerja dengan prinsip yang sama dengan filter alami pasir cepat dan lambat yang memanfaatkan gravitasi dimana air akan dilewatkan pada media penyaring sehingga terjadi penyisihan secara fisik. Perbedaannya terletak pada gaya dorongan yang menjadikan air dapat melalui media penyaring. Pada filter bertekanan air didorong oleh tangki dan pompa. Unit filter jenis ini tersusun dari bagian tangki penutup, media penyangga serta sistem.

10.4 Kesimpulan

Air memiliki peranan penting dalam kehidupan sehingga keberadaannya harus dijaga agar tetap tersedia dan berkelanjutan. Salah satu cara untuk menjaga ketersediaan air adalah dengan melakukan pengolahan baik secara fisik, biologi maupun kimia. Pengolahan fisik merupakan pengolahan dengan tujuan menyisihkan padatan tersuspensi dari air. Padatan tersuspensi adalah padatan yang lebih kecil dari sedimen, contohnya seperti zat organik ataupun serpihan tanah serta jumlahnya dalam air dapat dihitung dengan Turbidimeter. Pengolahan fisika dapat dilakukan dengan prasedimentasi untuk menyisihkan suspensi yang kasar, sedimentasi untuk menyisihkan partikel koloid dari pengolahan prasedimentasi, dan filtrasi untuk menyaring partikel tersuspensi halus.

Prasedimentasi terdiri dari empat zona yakni zona inlet, zona settling, zona sludge dan zona outlet. masing-masing zona bekerja dalam penyisihan dan mengendapkan partikel tersuspensi yang masih kasar sebagai pengolahan yang pertama dan meringankan beban dari unit sedimentasi serta filtrasi. Sedimentasi terdiri dari empat tipe yang masing-masing memiliki fungsi dan kegunaan baik bagi air minum ataupun air buangan. Unit sedimentasi memiliki tiga bentuk yakni bujur sangkar, persegi, dan

lingkaran. Filtrasi merupakan proses penyaringan dimana air akan dilewatkan pada media penyaring sehingga terjadi penyaringan bagi partikel tersuspensi halus secara fisik. Filtrasi dibedakan menjadi tiga jenis yakni filter cepat, filter lambat, dan filter bertekanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts dan Sumestri, S. 1984. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Al-Layla. 1978. *Water Supply Engineering Design*. Michigan: Ann Arbor Science Publisher Inc.
- Arifiani, N. F. 2007. Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air PDAM Kabupaten Klaten. *Jurnal Presipitasi*, 79.
- Gustinawati, H. 2018. Evaluasi dan Optimalisasi Sistem Proses Pengolahan Air Minum pada Instalasi Pengolahan Air Jaluko Kabupaten Muaro Jambi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 29-30.
- Hammer, M. 2014. Water Supply and Pollution Control. *Jurnal Sians*, 145.
- Kristijarti A. P., Ign suharto., Marieanna. 2013. Penentuan Jenis Koagulan dan Dosis Optimum untuk Meningkatkan Efisiensi Sedimentasi dalam. *Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Katolik*.
- Manan. 1979. *Pengaruh Hutan dan Manajemen Daerah Aliran Sungai*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Masduqi dan Assomadi. 2012. *Operasi dan Proses Pengolahan Air*. Surabaya: ITS Press.
- Metcalf and eddy. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*. Newyork: Mc Graw Hill Inc.
- Montgomery, J. M. 2010. *Water ples and DesignsTreatment Prin*. California: John Willey and Sons Inc.
- Reynolds, Tom D. and Richards, Paul A. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. Boston: PWS Publishing Company.
- Riffat. 2012. *Fundamentals of Wastewater Treatment and Engineering*. CRC Press.
- Rosidi, M., Razif, M. 2017. Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Kertas Halus. *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 6 No. 1, 40-43.

BAB 11

PENGELOLAAN AIR SECARA BIOLOGI

Oleh Deswidya S Hutaruk

11.1 Pendahuluan

Pengelolaan air dapat diartikan sebagai sebuah proses untuk mengolah air dengan berbagai teknis/cara sehingga kualitas air menjadi lebih baik. Dalam UU RI No 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air dalam Bab 1 Pasal 1 No 8 menyebutkan Pengelolaan sumber daya air adalah upaya merencanakan, dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi, pendayagunaan dan pengendalian daya rusak air (UU Nomor 17, 2019). Pengelolaan air harus dilakukan secara berkelanjutan karena air merupakan salah satu sumber kehidupan yang dapat memenuhi kebutuhan manusia. Selain itu air juga memiliki peran yang sangat penting bahkan dalam menciptakan lapangan pekerjaan, pembangunan ekonomi hingga peradaban manusia mengingat Indonesia adalah negara maritim.

Akses untuk mendapatkan air bersih semakin terbatas dan menjadi salah satu persoalan sentral yang disebabkan oleh menurunnya kondisi hutan karena penebangan liar dan kebakaran dimana hutan sebagai carrying capacity dan juga disebabkan oleh pemanasan global (Fitri Ramdani Harahap, 2006). Iklim yang berubah secara fisik dan biologi secara tidak langsung mempengaruhi keberadaan sumber daya air yang layak untuk dikonsumsi oleh makhluk hidup. Karena banyaknya faktor yang mempengaruhi sumberdaya air maka berbagai cara, teknik dan proses pengelolaan air dilakukan. Salah satu pengelolaan sumber daya air yang penting adalah pengelolaan sumber daya air secara biologi.

11.2 Pengertian Pengelolaan Air Secara Biologi

Pengelolaan air secara biologi dapat diartikan sebagai cara mengelola air dengan melibatkan makhluk hidup yang berada disekitar ataupun didalam perairan tersebut. Terdapat pengertian pengelolaan air secara biologi oleh beberapa ahli, yaitu:

- Pengelolaan air secara biologi adalah Pengolahan air limbah dengan menggunakan mikro organisme yang berada didalamnya sehingga bahan organik yang terkandung dalam air tersebut menjadi lebih sederhana dan tidak berbahaya, hal ini diartikan sebagai pengolahan air secara biologi. (Utami *et al.*, 2019).
- Pengelolaan air secara biologi adalah Pengolahan air dengan menggunakan berbagai jenis media dengan metode aerobik dan anaerobik sehingga mikro organisme dapat berkembang biak dengan alami yang kemudian mengakibatkan kadar polutan zat pencemar menurun. (Casban and Dewi, 2018).
- Pengolahan air secara biologi adalah pengolahan air dengan memanfaatkan mikro organisme (ganggang, bakteri dan protozoa) yang dilakukan dengan beberapa tahapan seperti aerob, anaerob dan fakultatif sehingga senyawa organik yang terdapat didalam air menjadi lebih sederhana. (Kencanawati, 2016)
- Pengolahan air secara biologi adalah pendegradasian bahan-bahan polutan organik dengan memanfaatkan kemampuan mikroba yang terdapat didalam air. (Indriyati, 2018)
- Pengelolaan air secara biologi adalah pengolahan air limbah yang melibatkan aktivitas mikro organisme didalam air pada kondisi aerobik, anaerobik ataupun kombinasi keduanya. (Ewita, 2011)
- Pengelolaan air secara biologi adalah pengolahan air dengan menggunakan sistem biakan melekat pada suatu

media sehingga terbentuk suatu lapisan mikroorganisme yang kemudian mikro organisme tersebut akan mengambil senyawa organik sebagai bahan dalam proses metabolisme nya sehingga kandungan senyawa organik didalam air berkurang. (Sholichin, 2018)

11.3 Pengaruh mikro organisme dalam proses pengolahan air secara biologi

Air yang layak dikonsumsi tentunya memiliki standar yang harus dipenuhi. Standar persyaratan yang harus di penuhi meliputi standar fisika, kimia dan biologi. Dalam hal ini syarat biologi utamanya adalah air yang akan dikonsumsi tidak memiliki kandungan organik seperti mikro organisme yang bersifat patogen. Walaupun sesuai dengan syarat biologi yang harus dipenuhi dalam air untuk dikonsumsi namun mikro organisme itu sendiri dapat digunakan untuk mengolah air sehingga dapat di konsumsi melalui penggabungan dengan beberapa metode pengolahan air.

Pada beberapa metode pengolahan air pengolahan air limbah di tangki aerasi menggunakan mikro organisme untuk memecah bahan organik dalam air limbah menjadi zat yang lebih sederhana dan tidak terlalu berbahaya. Air limbah dari pengolahan primer dimasukkan ke dalam tangki aerasi. Di tempat itu, air limbah dicampur dengan lumpur (*sludge*), dan lumpur (*sludge*) diberi udara (oksigen) hingga bakteri aerob lebih aktif, yang disebut lumpur aktif. Waspada kondisi lingkungan Bakteri dan mikro organisme lainnya aktif dalam penguraian sampah. (Dhamayanthie, Indah dan Fauzi, 2017). Pada proses pengolahan air menggunakan mikro organisme dapat meminimalkan limbah yang terdapat dalam air sehingga aman untuk dibuang dan tidak merusak lingkungan (Fisma and Bhernama, 2020). Oleh karena manfaat mikro organisme dalam proses pengolahan air yang cukup baik maka penelitian-penelitian mengenai pengolahan air secara biologi telah banyak dilakukan.

11.4 Proses pengelolaan air secara biologi

Proses pengelolaan air secara biologi telah diterapkan secara luas dilingkungan masyarakat maupun industrial. Pengelolaan air secara biologi ini dilakukan dengan melibatkan mikro organisme aerob yang terdapat disekitar lingkungan tersebut atau pun yang secara alami berada di dalam perairan. Beberapa jenis mikro organisme yang dapat digunakan dalam proses pengelolaan air secara biologi diantaranya (1) bakteri kemoheterotrofik seperti *Zooglea ramigera*, *Nocardia*, *Alcaligenes*, *Escherichia coli*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, (2) kapang/jamur, (3) protozoa seperti falgelata dan ciliata, dan (4) ganggang yang bersimbiosis dengan bakteri (Sirait, S.S and P.D. Sriwil, 2008).

11.4.1 Pengelolaan air dengan Aerob Proses Batch

Budidaya rumput laut yang dilakukan di sebagian besar perairan Indonesia memiliki nilai positif dan nilai negatif. Nilai positif dari budidaya rumput laut adalah kontribusi yang sangat besar dalam perekonomian, baik perekonomian domestik atau pun ekspor. Disisi lain terdapat nilai negatif yang tidak terhindarkan yaitu sisa hasil pengolahan rumput laut berupa limbah cair yang bersifat alkali yang mampu merusak lingkungan perairan.

Proses pengolahan air limbah hasil produksi budidaya rumput laut dilakukan dengan memanfaatkan mikro organisme aerobik atau yang disebut juga dengan lumpur aktif didalam tangki aerase untuk menurunkan organik karbon atau nitrogen. Oksigen yang dihasilkan dari hasil aerasi bakteri mengakibatkan terjadinya reaksi biokimia dimana zat organik karbon atau nitrogen tadi diubah menjadi gas CO₂ dan sel baru. Lamanya waktu aerasi yang dibutuhkan untuk mendapatkan efisiensi penurunan COD dan BOD dalam air limbah hingga mencapai 90,45% adalah 10 jam. (Utami *et al.*, 2019).

11.4.2 Pengelolaan air dengan *Trickling Filter* dan *Rotating Biological Contactor* (RBC)

Pada penelitian yang dilakukan oleh (afid nurkholis, Amalya Suci W, Ardian Abdillah, Arum Sari Widiastuti, Ayu Dyah Rahma Deka Ayu Maretya, Gina Aprila Wangge, 2019), ada tiga jenis pengolahan air limbah biologis. Yang pertama adalah proses kultur tersuspensi, disebut juga proses biomassa tersuspensi. Yang kedua adalah proses budidaya terlampir atau biomassa melekat dan yang ketiga adalah proses laguna atau kolam. Teknik *Trickling Filter* dan *Rotating Biological Contactor* (RBC), dilakukan secara aerobik, anaerobik, atau kombinasi keduanya. Dalam kondisi aerobik, ada oksigen terlarut dalam reaktor air limbah, sedangkan dalam kondisi anaerobik, itu dilakukan dalam kondisi anaerobik, dan di bawah kondisi kombinasi keduanya, dilakukan untuk menghilangkan kandungan nitrogen dari air limbah.

Selanjutnya dalam (afid nurkholis, Amalya Suci W, Ardian Abdillah, Arum Sari Widiastuti, Ayu Dyah Rahma Deka Ayu Maretya, Gina Aprila Wangge, 2019) dijelaskan bahwa Prinsip RBC adalah dengan sistem biofilm yang memanfaatkan media penyangga dan lapisan biofilm yang menempel pada media, lapisan air limbah serta lapisan udara luar. Dalam sistem ini, oksigen disuplai ke lapisan biofilm dengan pengembalian udara, sedangkan dalam sistem biofilter terendam, digunakan blower atau pompa sirkulasi. Jika lapisan mikroba cukup tebal maka bagian luar lapisan mikroba akan bersifat aerob, sedangkan bagian dalam biofilm yang menempel pada media akan bersifat anaerob. Gas H₂S dihasilkan dalam kondisi anaerobik, dan jika konsentrasi oksigen terlarut cukup tinggi, gas H₂S yang dihasilkan akan diubah menjadi sulfat (SO₄) oleh bakteri sulfat yang terdapat dalam biofilm.

Pada proses biofilter terjadi penghilangan amonia. Zona aerobik nitrogen-amonium diubah menjadi nitrat dan nitrit dan kemudian akan mengalami denitrifikasi menjadi gas nitrogen. Dalam proses ini hilangnya senyawa nitrogen lebih mudah terjadi karena

proses aerob dan anerob berlangsung secara bersamaan. Keuntungan dari proses biofilm adalah:

1. Mudah digunakan
2. menghasilkan sejumlah kecil lumpur
3. Dapat digunakan mengolah air limbah konsentrasi rendah dan tinggi
4. Menoleransi fluktuasi volume dan konsentrasi air limbah
5. Suhu yang lebih rendah memiliki sedikit efek pada efisiensi pemrosesan

Prinsip kerja teknik RBC adalah membuat air limbah yang mengandung bahan pencemar organik kontak dengan lapisan mikro organisme (*microbial film*) yang menempel pada permukaan media dalam reaktor. Media yang terpasang biofilm membentuk modul, dan kemudian modul berputar perlahan sambil sebagian terendam dalam air limbah, yang terus mengalir ke dalam reaktor. Mikro organisme yang menempel membentuk suatu lapisan yang disebut dengan biofilm.

Mikro organisme menguraikan atau menyerap senyawa organik dalam air dan menyerap oksigen terlarut dalam air untuk proses metabolisme, sehingga mengurangi kandungan senyawa organik dalam air limbah. Proses metabolisme mikro organisme ini menghasilkan dua senyawa, padatan dan gas. Gas akan menyebar ke udara melalui rongga-rongga dalam medium, sedangkan padatan akan tetap berada di lapisan biofilm dan terurai serta larut dalam air.

Dalam setiap metode pengolahan air akan selalu ditemukan keunggulan maupun kelemahannya. RBC memiliki beberapa keunggulan seperti:

1. Penggunaan dan cara merawat nya mudah dilakukan
2. Lebih rendah energi pada setiap penggunaan
3. Disusun dengan beberapa tahap

4. Pemusnahan amonium dalam jumlah besar lebih mudah terjadi karena reaksi nitrifikasi yang terjadi
5. *Bulking* atau *foam* tidak terbentuk.

11.4.3 Pengelolaan air dengan Moving Bed System Contact Media

Limbah domestik kantor berasal dari sisa air limbah yang dihasilkan oleh kantin, pantry, toilet, urinoir, wastafel dan lainnya yang berada dilingkungan kantor. Jika langsung dibuang ke saluran pembuangan umum atau meresap ke dalam tanah, akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Teknologi proses biologis secara aerob dan anaerob yang menggunakan Moving Bed System Contact Media adalah sistem pengolahan air limbah secara biologis yang menggunakan media sebagai tempat berkembang biak alami mikro organisme. Teknologi *Moving Bed System Contact Media* memiliki tujuan sebagai tempat tumbuh dan berkembang biaknya mikro organisme secara alami untuk membentuk biofilm (pertumbuhan melekat), mendegradasi polutan dan menetralisirnya secara anaerobik dan aerobik. Hal ini terjadi melalui 4 tahapan yaitu pre treatment, primary, secondary dan tertiary treatment. Hasil yang didapatkan dengan menggunakan *Moving Bed System Contact Media* diketahui bahwa debit pencemar pada air limbah sangat berfluktuasi, dan volume efluen rata-rata 5,3 m³/hari. Konsentrasi polutan dalam Air limbah, pengaruhnya cukup stabil, dan parameter pH (100%), BOD (84,61%), COD (84,61%), TSS (92,3%), dan minyak dan lemak (92,31%). Oleh karena itu, efektivitas teknologi bioproses anaerobik-aerobik menggunakan media kontak sistem moving bed dapat dihitung dari semua parameter yang diamati (yaitu pH, BOD, COD, TSS, nilai minyak) dan efektivitasnya adalah 90,77%. (Casban and Dewi, 2018)

11.4.4 Pengolahan air dengan Reaktor Anaerobik Lekat Diam

Pengolahan air secara biologi tentunya melibatkan mikro organisme yang berperan dalam degradasi polutan organik. dalam metode Reaktor ini mikro organisme melakukan degradasi secara anerob atau dalam keadaan tidak ada/sedikit oksigen. Namun hal ini dapat memperlambat proses pertumbuhan mikoorganisme. Disisi lain diperoleh keuntungan yaitu energi yang dihasilkan berupa biogas, sangat sedikit lumpur yang terbentuk serta lahan yang dibutuhkan dalam ukuran kecil sehingga tidak ada energi yang terbuang saat aerasi berlangsung. Metode Reaktor lekat diam dioperasikan secara independen arus ke atas (*up flow*) dan ke bawah (*down flow*) dengan dan tanpa resirkulasi limbah. Pada Sistem *Upflow*, substrat umpan masuk melalui bagian bawah reaktor. Itu kemudian didistribusikan dalam bahan pendukung tetap dan dikeluarkan dari atas. Dalam sistem *up flow*, akumulasi bakteri terjadi. Pada sistem *down flow* substrat umpan masuk dari atas reaktor kemudian menyebar ke material penyangga tetap yang selanjutnya akan keluar dari bagian bawah reaktor. Hasil dari pengoperasian reaktor ini akan sangat baik dan memberikan keuntungan apabila konsentrasi COD tinggi. Kecepatan degradasi bahan organik bisa mencapai 75-95% tanpa padatan dan 40- 50% dengan padatan. Dari metode ini didapatkan hasil bahwa Cairan limbah organik konsentrasi tinggi dapat diolah secara biologis dengan reaktor lekat diam secara anerobik. Teknologi reaktor lekat diam tidak memerlukan energi tinggi, nutrisi rendah dan produksi lumpur rendah. Serta bahan pendukung memainkan peran penting dalam kinerja reaktor. (Indriyati, 2018)

10.4.5 Pengolahan air dengan Desain Mobile Menggunakan Membran Ultrafiltrasi

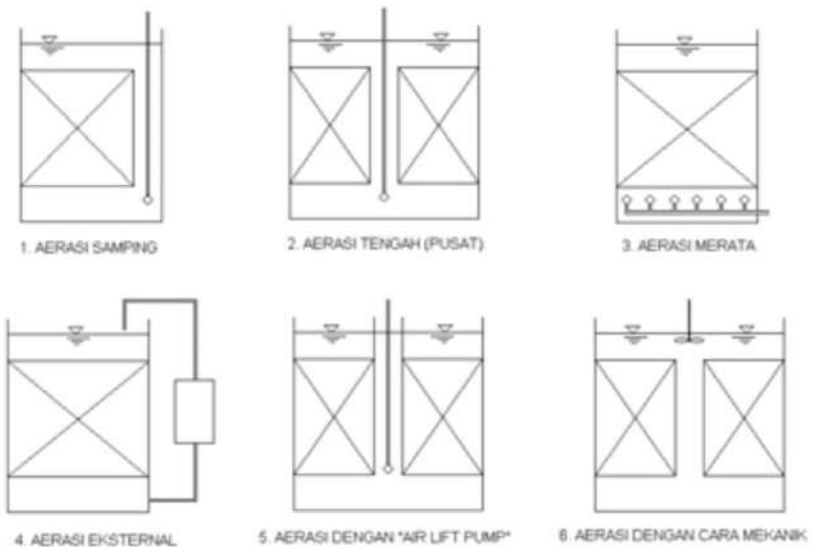
Pengolahan air dengan ultrafiltasi melibatkan membran yang berada diantara 2 membran lainnya yaitu diantara membran nanofiltrasi dan membran mikrofiltrasi. Ukuran pori

sebuah membran ultrafiltrasi adalah $0,05\ \mu\text{m} - 1\ \text{nm}$ sehingga makromolekul dan koloid terpisah. Membran ultrafiltrasi mampu menahan dan memfiltrasi mikroba seperti bakteri dan ragi. Dalam penggunaannya dilakukan dengan tekanan yang rendah sehingga energi yang dibutuhkan juga rendah. Membran ultrafiltrasi yang digunakan secara mandiri untuk mengolah air minum ditemukan kandungan organik dan limbah dalam jumlah rendah sehingga untuk standar minimum air minum belum terpenuhi. Maka dari itu metode pengolahan air dengan desain mobile menggunakan membran ultrafiltrasi dilakukan. Hasil yang didapatkan dari metode ini adalah air dengan kandungan limbah hanya $0,0218\ \text{NTU}$, Bakteri *Eschericia coli* hanya berkisar $0/\text{mL}$ serta sisa klor pada air minum hanya berkisar $0,5\ \text{mg/L}$. Dengan hasil sebaik ini maka penggunaan metode pengolahan air dengan desain mobile menggunakan membran ultrafiltrasi telah memenuhi baku seperti yang tercantum dalam PerMenKes RI No 492/MENKES/PER/IV/2010. (Himma and Marsono, 2014).

10.4.6 Pengolahan air dengan Biofilm Tercelup

Pengolahan air dengan biofilm tercelup dilakukan dengan cara memasukkan air limbah kedalam sebuah reaktor yang memiliki media penyangga sebagai tempat mikro organisme berkembangbiak dengan aerasi ataupun tidak. Pengolahan air ini dilakukan dengan 2 proses. Proses pertama yaitu anaerob (tidak ada/sedikit oksigen) dengan biofilm tercelup berada dibawah permukaan air. Media biofilm yang digunakan dapat menggunakan bahan material organik (tali, jaring, butiran tidak beraturan atau papan) atau bahan material anorganik (split, kerikil, marmer, tembikar ataupun kokas). Proses kedua adalah aerob (ada oksigen) dengan aerasi samping, pusat, merata seluruh permukaan eksternal dan aerasi dengan sistem mekanik. Aliran sirkulasi yang berlangsung pada setiap proses tersebut menyebabkan

penyerapan oksigen terjadi. (Said, 2000). Hal ini dapat dilihat pada gambar 11.2.



Gambar 11.1 Metode aerasi dengan sistem biofilm tercelup
Sumber : (Said, 2000)

Setiap cara yang dilakukan memiliki keuntungan dan kerugian tersendiri. Salah satu contohnya adalah proses pengolahan air dengan biofilm tercelup menggunakan media split (batu pecah). Hasil percobaan menunjukkan bahwa terjadi penguraian senyawa polutan, terjadi penghilangan COD pada air yang cukup besar dan relatif stabil, penghilangan BOD pada air yang cukup tinggi, penghilangan ammonia yang tinggi dengan efisiensi pengilangan rata-rata 48,5%, penghilangan deterjen yang mencapai 83% dengan waktu tinggal 3 hari dan setelah 1 hari efisiensi penghilangannya mencapai rata-rata 48,6%, penghilangan zat padat tersuspensi yang sangat efektif dengan penghilangan lebih besar 95%. Sehingga dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa proses pengolahan air dengan biofilm tercelup gabungan aerob dan anaerob dapat secara efisien menghilangkan polutan

organik dan padatan tersuspensi (SS) (> 90%). Proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm tercelup cukup stabil terhadap fluktuasi beban organik yang tinggi. Pengolahan air limbah menggunakan proses biofilm tercelup mudah dioperasikan dan dapat digunakan baik di instalasi kecil maupun besar. Kombinasi proses anaerobik dan aerobik dapat menghemat pasokan udara dan dengan demikian menghemat listrik atau biaya operasi. (Said, 2000)

DAFTAR PUSTAKA

- afid Nurkholis, Amalya Suci W, Ardian Abdillah, Arum Sari Widiastuti, Ayu Dyah Rahma Deka Ayu Maretya, Gina Aprila Wangge, Y. W. 2019. Proses Pengelolaan Air Limbah secara Biologis (Biofilm): Trickling Filter dan Rotating Biological Contactor (RBC) Afid. *Jakarta: Ardadizya*, pp. 1–12.
- Casban and Dewi, A. P. 2018. Analisis Efektivitas Teknologi Proses Biologis Anaerob – Aerob Dengan Menggunakan Moving Bed System Contact Media Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Di Perkantoran. *Jurnal Fakultas Teknik UMJ*, pp. 1–9.
- Dhamayanthie, Indah dan Fauzi, A. 2017. Syntax Literate manfaat BM. *Syntax Literate : Jurnal Ilmiah Indonesia* ±, 2(3), pp. 40–49.
- Ewita, Z. 2011. Instalasi Pengolahan Air Limbah', *Seri Sanitasi Lingkungan Pedoman Teknis Dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pengolahan Air Limbah Instalasi Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan Kementerian*, 24(2), pp. 1–9.
- Fisma, I. Y. and Bhernama, B. G. 2020. Analisis Air Limbah Yang Masuk Pada Waste Water Treatment Plant (Wwtp). 2(2), pp. 50–58.
- Fitri Ramdani Harahap. 2006. *Pengelolaan Sumber Daya Air yang Berkelanjutan*, دمشق جامعة منشورات. Available at: https://www.ubb.ac.id/index.php?page=artikel_ubb&id=63.
- Himma, M. N. and Marsono, B. D. 2014. Desain Mobile Unit Instalasi Pengolahan Air Minum Untuk Kondisi Darurat Bencana Banjir. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(2), pp. 248–250.
- Indriyati, I. 2018. Pengolahan Limbah Cair Organik Secara Biologi Menggunakan Reaktor Anaerobik Lekat Diam. *Jurnal Air Indonesia*, 1(3), pp. 340–343. doi: 10.29122/jai.v1i3.2361.

- Kencanawati, C. I. P. K. 2016. Sistem Pengelolaan Air Limbah dan Sampah. *Sistem Pengolahan Air Limbah*, (7473), pp. 1–55. Available at:
https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_1_dir/5099c1d958ba3deb6270dea7d2bc8bf6.pdf.
- Said, N. I. 2000. Teknologi Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biofilm Tercelup', *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(2), pp. 101–113.
- Sholichin, M. O. H. 2018. Pengelolaan Limbah Cair dengan Proses Biofil, Trickling Filter an RCB. *Modul*, pp. 1–18. Available at:
<http://water.lecture.ub.ac.id/>.
- Sirait, R. F., S.S, S. and P.D. Sriwil. 2008. *Mekanisme Penguraian Limbah Cair Organik Secara Aerob*. Available at:
<https://artikazzani.wordpress.com/2010/10/25/mekanisme-penguraian-limbah-cair-organik-secara-aerob/>.
- Utami, L. I. *et al*. 2019. Pengolahan Limbah Cair Rumput Laut Secara Biologi Aerob Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia*, 13(2), pp. 39–43. doi: 10.33005/tekkim.v13i2.1407.
- Undang-undang (UU) Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air', *Jdih Bpk Ri Database Peraturan*, (011594), p. 50. Available at:
<https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/122742/uu-no-17-tahun-2019>.

BAB 12

MENGEMBALIKAN KUALITAS AIR SUNGAI (MORATORIUM PENCEMARAN LIMBAH

Oleh Annisa Bias Cahyanurani

12.1 Pendahuluan

Sungai adalah badan air yang mengalir dan terdiri dari air tawar. Sungai bermula dari bagian hulu dimana sumber air berasal dari air hujan yang turun atau pencairan salju dari pegunungan atau dapat pula berasal dari air tanah yang membentuk sumber mata air lalu mengalir ke bagian hilir akibat adanya gaya gravitasi hingga akhirnya bermuara ke laut. Sungai seringkali menjadi tempat pembuangan dari berbagai aktivitas manusia di sekitarnya mulai dari limbah pemukiman penduduk, limbah kegiatan pertanian, perikanan, peternakan hingga kegiatan industri. Beban buangan yang masuk ke sungai ini memberikan berbagai dampak diantaranya mampu mengubah dan merusak struktur sungai seperti menurunkan kualitas air (adanya perubahan faktor fisika, kimia dan biologi di dalam perairan), mempersempit bantaran sungai hingga merusak estetika sungai (Sahabuddin *et al.*, 2014).

Kualitas air sungai harus dipertahankan dalam kondisi yang optimal agar tidak mengurangi produktivitas, daya dukung, daya tampung, tingkat daya guna serta hasil guna sungai sebagai sumber air permukaan. Kegiatan melestarikan kualitas air dilakukan untuk menjaga fungsi air agar tetap alami mencakup parameter kimia, fisika dan biologi perairan agar sesuai dengan standar yang ditetapkan (baku mutu air). Air yang memenuhi standar

memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari seperti dalam kegiatan rumah tangga, keperluan industri, pertanian, kegiatan perikanan serta memastikan keberlangsungan ekosistem perairan. Upaya untuk mengembalikan kualitas air sungai sendiri meliputi upaya pencegahan, upaya penanggulangan serta upaya pemulihan air untuk memastikan kualitas air sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan.

Baku mutu mengenai perairan diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran air. Baku mutu air merupakan batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain yang ada atau harus ada yang ditenggang keberadaannya dalam air pada sumber air tertentu sesuai dengan peruntukannya. Dalam pasal 8 terkait klasifikasi dan kriteria mutu air dijabarkan bahwa mutu air diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu sebagai berikut:

1. Kelas satu, air yang peruntukannya dipergunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan menggunakan untuk air baku air minum;
2. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat dipergunakan untuk sarana dan prasarana wisata air, kegiatan budidaya ikan, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
3. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk kegiatan budidaya ikan, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
4. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukkan lain yang

mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Suatu perairan dapat dikatakan dalam kondisi tercemar atau tidak dilihat melalui status mutu air. Status mutu air dapat ditentukan jika telah dilakukan studi terkait status mutunya sehingga suatu perairan dapat dinyatakan dalam kondisi cemar (jika tidak memenuhi baku mutu air) atau dalam kondisi baik (jika memenuhi baku mutu air). Penentuan status mutu air dilakukan dengan berpedoman pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air dengan menggunakan Metoda STORET atau Metoda Indeks Pencemaran. Secara prinsip metoda STORET adalah cara menentukan status mutu air dengan membandingkan antara data kualitas air dengan baku mutu air yang disesuaikan dengan peruntukannya guna menentukan status mutu air. Penentuan indeks storet dilakukan untuk mengetahui status mutu air secara agregat, yakni dengan mengelompokkan status mutu air dalam suatu nilai indeks yang dihitung dari penggabungan sejumlah parameter kualitas air (fisika, kimia, biologi) yang diukur sehingga akan didapatkan gambaran yang komprehensif mengenai status mutu air perairan yang dinilai kualitasnya.

Indeks pencemaran dari suatu badan air ditentukan untuk suatu peruntukan tertentu, yang artinya indeks pencemaran berpatokan pada baku mutu peruntukan tertentu. Selanjutnya dapat dikembangkan untuk beberapa peruntukan lainnya bagi seluruh bagian badan air atau seluruh segmen sungai. Dengan metode Indeks Pencemaran dapat ditentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan.

12.2 Peraturan Terkait Kualitas Air Sungai

Dalam melakukan pengelolaan kualitas air sungai agar lebih terarah terdapat berbagai aturan yang mengatur hal tersebut. Peraturan tersebut dibuat sebagai upaya untuk menjaga dan memelihara kualitas air agar dapat digunakan secara berkelanjutan baik pada masa sekarang maupun di masa depan.

12.2.1 Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

Mengingat kualitas lingkungan yang semakin menurun dan dampak negatifnya terhadap manusia dan makhluk hidup lainnya, perlindungan terhadap lingkungan hidup kini menjadi tanggung jawab dan kewajiban bersama semua warga negara. Oleh karena itu, peraturan terkait perlindungan dan pengelolaan lingkungan diperlukan untuk memastikan hak semua orang untuk menikmati lingkungan yang baik dan sehat. Kegiatan pengelolaan lingkungan hidup mencakup 6 bagian meliputi upaya perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum.

Upaya perencanaan seperti yang tercantum pada pasal 5 UU No. 39 tahun 2009 dilakukan melalui 3 tahapan, yaitu inventarisasi lingkungan hidup; penetapan wilayah ekoregion; dan penyusunan RPPLH (Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup). Upaya pemanfaatan mengacu pada pasal 12 dimana pemanfaatan dilakukan berdasarkan RPPLH yang telah disusun sebelumnya. Sementara jika RPPLH belum tersusun maka pemanfaatan sumber daya alam dilakukan dengan memperhatikan keberlanjutan proses dan fungsi lingkungan hidup, keberlanjutan produktivitas lingkungan hidup, dan keselamatan mutu hidup dan kesejahteraan masyarakat.

Upaya pengendalian tercantum pada pasal 13 dimana pengendalian dilakukan melalui tiga cara yaitu pencegahan, penanggulangan serta pemulihan. Upaya pemeliharaan lingkungan

hidup mengacu pada pasal 57 yang dilakukan melalui upaya konservasi sumber daya alam, pencadangan sumber daya alam, dan/atau pelestarian fungsi atmosfer. Upaya pengawasan dan sanksi administratif tertera pada pasal 71 hingga pasal 83 yang menyatakan bahwa upaya pengawasan lingkungan dilakukan oleh pejabat publik atau pihak terkait dalam kaitannya dengan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Selain itu, pasal tersebut juga menjelaskan adanya sanksi administratif yang dikenakan jika ditemukan pelanggaran. Misalnya, lewat teguran tertulis, paksaan pemerintah, pembekuan izin lingkungan atau pencabutan izin lingkungan. Upaya penegakan hukum dilakukan jika ada pihak yang melanggar ketentuan yang telah disebutkan dalam UU Nomor 32 Tahun 2009.

12.2.2 Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai

Semakin meningkatnya jumlah penduduk serta adanya kecenderungan pemanfaatan lahan di sekitar sungai untuk kepentingan manusia yang menyebabkan terjadinya penurunan fungsi sungai, seperti adanya pencemaran, pendangkalan, dan lain-lain. Sehingga untuk memastikan kebermanfaatan serta kelestarian sungai dalam jangka panjang diperlukan peraturan yang mengatur hal tersebut. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai mengatur: a) definisi ruang sungai, b) pengelolaan sungai termasuk konservasi sungai, pengembangan sungai dan pengendalian daya rusak sungai, c) perizinan, d) sistem informasi sungai, serta e) pemberdayaan masyarakat.

Pengelolaan sungai dilakukan dengan melalui beberapa tahapan, pertama mulai dari penyusunan program dan kegiatan, pelaksanaan kegiatan, pemantauan dan evaluasi. Pengelolaan sungai dilaksanakan oleh pemerintah pusat, provinsi, dan kabupaten/kota sesuai dengan wewenangnya masing-masing, dengan melibatkan instansi teknis dan masyarakat yang terlibat,

serta berpedoman pada norma, standar, pedoman, dan standar yang ditetapkan oleh kementerian.

12.2.3 Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Pengelolaan kualitas air adalah menjaga kualitas air agar kondisinya sebisa mungkin sesuai dengan kondisi alaminya sehingga kualitas air sesuai dengan peruntukannya. Sementara itu pengendalian pencemaran air merupakan upaya untuk mencegah dan mengendalikan pencemaran air, memulihkan kualitas air, dan membuat kualitas air sesuai dengan baku mutu.

Pengelolaan kualitas air serta pengendalian pencemaran air perlu dilakukan secara terpadu mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan, pengawasan hingga evaluasi. Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 mengatur terkait pengelolaan kualitas air termasuk klasifikasi dan kriteria mutu air, baku mutu air, pemantauan kualitas air, dan status mutu air. Pengendalian pencemaran air dilakukan melalui langkah-langkah berikut: penetapan daya tampung beban pencemaran untuk setiap sumber air, inventarisasi dan identifikasi sumber pencemaran air, penetapan persyaratan air limbah untuk aplikasi ke tanah, penetapan persyaratan pembuangan air limbah ke air atau sumber-sumber air, pemberlakuan izin pemanfaatan air limbah ke tanah dan izin pembuangan air limbah ke air atau sumber air, dan pemantauan kualitas air pada sumber air.

12.3 Restorasi Kualitas Air Sungai

Kegiatan restorasi air sungai dapat diartikan sebagai upaya mengembalikan sungai dari keadaan sekarang ke keadaan semula. Melaksanakan tindakan restorasi bertujuan untuk mengembalikan fungsi asli atau alami sungai yang terkena dampak aktivitas manusia (Suryoputro, 2009). Menurut Maryono (2003), untuk

meningkatkan keberadaan sungai dan memulihkan fungsinya dapat dilakukan dengan melakukan restorasi, dalam hal ini terdapat 5 konsep yang ditawarkan yaitu, restorasi hidrologi, restorasi morfologi, restorasi ekologi, restorasi kelembagaan dan peraturan, dan restorasi sosial ekonomi.

Pada tingkat restorasi hidrologi, fokus utama adalah memantau kuantitas dan kualitas air. Pada tingkat restorasi ekologi dilakukan pemantauan flora dan fauna. Di sisi lain, restorasi morfologi bertujuan untuk memantau kembali bentuk asli sungai, sedangkan restorasi sosial ekonomi dilakukan untuk meninjau manfaat ekonomis sungai dan melibatkan masyarakat sebagai upaya untuk menumbuhkan rasa cinta lingkungan serta belajar dan menambah wawasan terkait sungai, restorasi kelembagaan berfokus pada regulasi, menciptakan regulasi yang dapat melindungi kelestarian sungai (Suryanta *et al.*, 2018).

Pengelolaan wilayah dan restorasi sungai merupakan upaya untuk menciptakan daerah aliran sungai yang baik. Daerah aliran sungai yang dalam kondisi baik akan mampu memberikan dukungan terhadap produktivitas berbagai kegiatan pertanian mencakup perikanan, peternakan, perkebunan, dan kehutanan. Suatu daerah aliran sungai dalam kondisi baik memiliki ciri-ciri, antara lain: distribusi aliran sungai yang relatif merata sepanjang tahun, memiliki kualitas air, kuantitas dan aliran sungai yang baik, tidak terjadi banjir pada musim hujan dan tidak terjadi kekeringan pada musim kemarau. Erosi pada keseluruhan daerah aliran sungai lebih kecil dari batas toleransi dan produktivitas lahan yang tinggi. Pengelolaan DAS yang tepat memberikan banyak manfaat, antara lain:

- meningkatkan kualitas air dimana lanskap alam dan dataran banjir akan mampu menyaring polutan, meningkatkan siklus nutrisi, dan membantu menahan sedimen;

- membantu menyimpan karbon, daerah aliran sungai dengan tutupan lahan alami dan sumber daya tanah yang utuh mampu menyerap karbon, sehingga mengimbangi emisi gas rumah kaca;
- meningkatkan ketahanan dalam menghadapi ancaman perubahan iklim;
- mencegah atau mengurangi risiko bencana alam;
- menjaga produktivitas tanah dan menghindari kerusakan fungsi tanah;
- membantu memenuhi kebutuhan manusia dan makhluk hidup lainnya seperti penyediaan air, kebutuhan pangan, udara bersih dan lain-lain;
- menghindari kerusakan sumber daya buatan manusia seperti jalan, jembatan, sistem irigasi, waduk dan bendungan;
- menurunkan tingkat penyebaran penyakit melalui aliran sungai yang sehat.

12.3.1 Restorasi Hidrologi

Restorasi hidrologi memiliki tujuan untuk mengembalikan kualitas maupun kuantitas air sungai . Restorasi hidrologi untuk mengembalikan kualitas air dilakukan dengan cara menanggulangi pencemaran limbah padat dan limbah cair. Sementara itu untuk restorasi kuantitas air mencakup upaya untuk perbaikan fluktuasi debit, tinggi muka air dan kecepatan air.

A. Restorasi Kualitas Air

Upaya untuk meningkatkan kualitas air sungai dan menanggulangi pencemaran limbah padat dan cair dapat dilakukan sebagai berikut:

- Meminimalkan sumber pencemaran dari limbah padat dan cair yang masuk ke sungai dari pembuangan industri dengan cara melarang pembangunan industri baru di sekitar daerah aliran sungai.

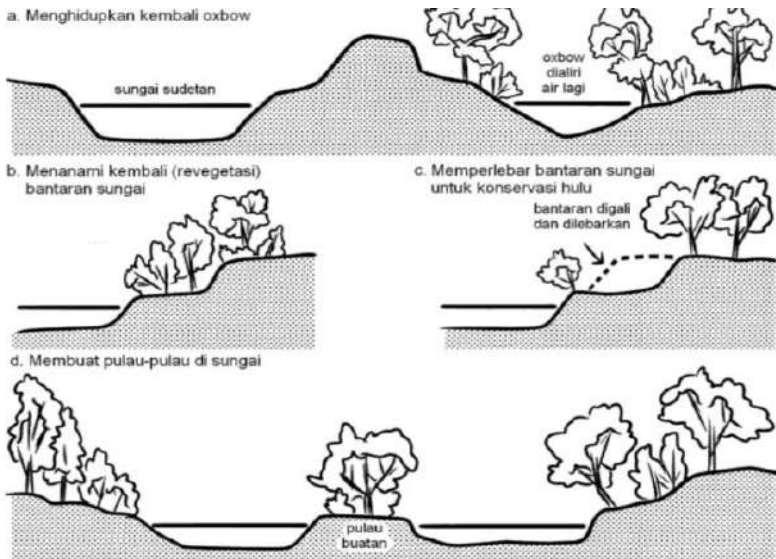
- Mengendalikan pencemaran dengan melakukan analisa dampak lingkungan (AMDAL) dan membuat instalasi pengolahan limbah bagi pabrik yang lokasinya dapat ditempatkan di dalam maupun di luar lokasi pabrik. Pengendalian ini bertujuan untuk mengendalikan, mengurangi atau menghilangkan kontaminan pada limbah industri dan mencegahnya masuk ke lingkungan. Teknologi pengolahan limbah industri dapat dilakukan melalui perlakuan di dalam proses maupun perlakuan di luar proses pengolahan industri atau lokasi yang berbeda. Proses ini dilakukan agar zat-zat pencemar pada limbah berada dalam batas Baku Mutu Lingkungan atau memenuhi Nilai Ambang Batas Baku Mutu Limbah (Elvania, 2022).
- Pengelolaan kualitas air sungai menurut Wang *et al.* (2012) dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu remediasi secara fisik, kimia dan biologi.
 - a. Remediasi secara fisik dilakukan dengan cara: (1) aerasi untuk mempercepat pertumbuhan dan vitalitas mikroorganisme; (2) pengalihan air dengan menambahkan air bersih pada sungai sehingga konsentrasi polutan menurun; dan (3) penghilangan sedimen yang bisa dilakukan dengan cara pengerukan atau penghisapan.
 - b. Remediasi secara kimia dilakukan dengan cara: (1) flukolasi dan sedimentasi yang efektif untuk menghilangkan padatan tersuspensi; serta (2) pengurangan alga dengan penggunaan bahan kimia yang umumnya menggunakan senyawa tembaga sulfat, pemutih pakaian, tawas, poli aluminium, atau besi sulfat.
 - c. Remediasi secara biologi atau disebut juga dengan teknologi bioremediasi dilakukan menggunakan (1) tanaman air yang memiliki kemampuan penyerapan

polutan, (2) hewan air yang umumnya menggunakan ikan mas perak (*silver carp*) untuk mengontrol eutrofikasi, serta (3) penggunaan mikroba dengan teknologi biomembran yang dapat mengurangi polutan melalui proses adsorpsi.

B. Restorasi Kuantitas Air

Restorasi kuantitas air mencakup upaya untuk perbaikan fluktuasi debit, tinggi muka air dan kecepatan air, beberapa upaya yang dapat dilakukan menurut Maryono (2015) antara lain sebagai berikut:

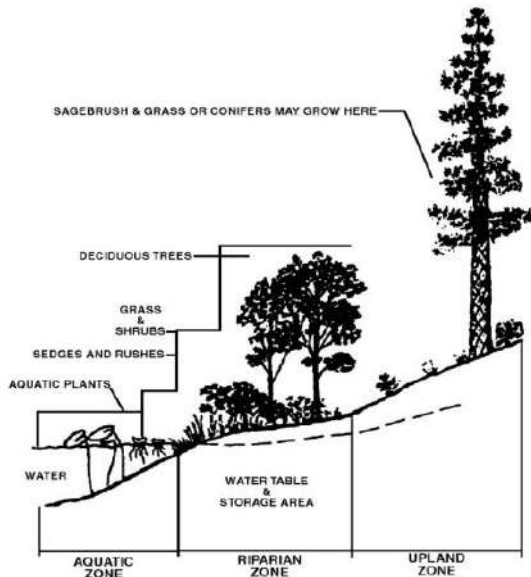
1. Menghidupkan kembali oxbow untuk mendorong ekosistem sekitar kawasan oxbow dan konservasi air
2. Pembuatan pulau-pulau sungai untuk meningkatkan diversifikasi ekologi dan meningkatkan konservasi air
3. Memperlebar bantaran sungai yang berfungsi sebagai daerah yang menampung air berlebih dan mengurangi potensi bahaya banjir di wilayah sekitarnya dan di daerah hilir.
4. Melakukan kegiatan penanaman kembali (reboisasi pada sempadan sungai untuk menurunkan laju aliran permukaan (*run off*) ke sungai serta meningkatkan resapan air.



Gambar 12.1 Restorasi Kuantitas Air Sungai
Sumber: Maryono (2015)

12.3.2 Restorasi Ekologi

Restorasi ekologi adalah suatu bentuk pengelolaan konservasi yang bertujuan untuk mengembalikan habitat atau ekosistem tertentu ke kondisi yang sedekat mungkin dengan kondisi sebelum mengalami degradasi (Waryono, 2002). Restorasi ekologi sungai bertujuan untuk meningkatkan dan melestarikan kualitas air sungai dilakukan di tiga daerah (zona): daerah atau zona akuatik, daerah riparian (daerah tepi sungai), dan daerah daratan atas (*upland zone*).



Gambar 12.2 Tiga zona ekologi (zona akuatik, zona riparian dan zona upland)

Sumber: Watershed Canada (2016)

A. Zona Akuatik

Pada zona akuatik yang berada pada perairan, vegetasi yang biasanya tumbuh terdiri dari sepak, perdu, paku, herba, dan rumput. Tanaman memiliki peranan penting untuk menjaga keseimbangan nutrisi pada lingkungan sungai. Diantaranya, *Cosmos caudatus* (kenikir), *Ranunculus fluitans* (the river water-crowfoot), *Potamogeton* ssp. (tambak guling), *Myriophyllum* ssp. (milfoil air), *Ceratophyllum* ssp. (lumut tanduk), *Eichhornia crassipes* (eceng gondok), *Cyperus papyrus* (papyrus), *Elodea* ssp. (rumput air) dan *Utricularia* ssp. (lumut kandung kemih) yang terendam di perairan yang lebih dalam.

Restorasi ekologi pada zona akuatik dapat dilakukan dengan penanaman kembali tanaman yang sesuai dengan

karakter zona akuatik, sebaiknya menggunakan tanaman-tanaman akuatik asli dari lingkungan sekitar sungai baik yang ada di hulu maupun hilir sungai.



Gambar 12.3 Vegetasi Zona Akuatik
Sumber : Radnawati dan Fatmala (2020)

Tumbuhan yang digunakan untuk restorasi ekologi harus dipilih dan memenuhi kriteria seperti memiliki daya adaptasi terhadap perubahan tinggi muka air, tahan terhadap stress yang diakibatkan oleh banjir, bukan merupakan tanaman gulma atau parasit, perkembangannya terkontrol serta merupakan tumbuhan yang mampu menarik dan menjadi

naungan bagi hewan dan makhluk hidup lain untuk berkembang disana.

B. Zona Riparian

Zona Riparian adalah wilayah antara zona dataran tinggi (*upland*) dan zona akuatik. Zona riparian terdiri dari *groundcover*, perdu, semak, dan pohon. Jenis vegetasi yang tumbuh di zona riparian berbeda dengan vegetasi lahan pertanian di sekitarnya karena ketersediaan air yang tinggi di sempadan sungai dari sungai. Vegetasi riparian biasanya mampu beradaptasi terhadap banjir, pengendapan, abrasi fisik, dan lain-lain. Vegetasi riparian memiliki banyak fungsi ekologis antara lain:

- Sebagai perangkap bagi polutan, sedimen dan nutrisi yang ada dalam perairan
- Mencegah terjadinya erosi serta memastikan kestabilan aliran sungai
- Sebagai tempat naungan yang mampu mendukung kehidupan biota yang hidup disana dengan menyediakan tempat berteduh, memberi makan dan habitat pemijahan bagi burung, ikan dan invertebrata. Vegetasi yang ada juga membantu meningkatkan kadar O₂ dalam air.
- Mengontrol banjir dengan mengurangi kekuatan, ketinggian dan volume air banjir pada suatu titik tertentu di sepanjang sungai dengan membiarkan air menyebar secara horizontal di sepanjang jalan banjir dan melintasi dataran banjir
- Memperbaiki kualitas tanah dan air sungai

Penelitian yang dilakukan oleh Siahaan dan Ai (2014) di Sungai Ranoyapo, Minahasa Selatan mengidentifikasi berbagai jenis vegetasi riparian. Jenis vegetasi riparian dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu tanaman pertanian dan tumbuhan alami. Tumbuhan riparian berupa tanaman

pertanian antara lain padi, kelapa, jagung, pisang, ubi, dan lain-lain. Jenis tumbuhan riparian alami terbagi dua yaitu tumbuhan bawah dan tumbuhan berupa pohon. Tumbuhan bawah yaitu *Wedelia trilobata* (wedelia), *Digitaria* (finger-grasses) sementara tumbuhan berupa pohon yaitu *Ficus* spp. (kayu ara), *Leucaena leucocephala* (lamtoro), dan *Terminalia catappa* (ketapang). Selain itu tanaman pada zona riparian juga terdapat vegetasi yang berfungsi sebagai penahan tebing seperti bambu, rumput vetiver dan karangkungan (Radnawati dan Fatmala, 2020).

Restorasi ekologi pada zona riparian dilakukan dengan menanam tanaman riparian yang ditemukan di lokasi sekitar sungai yang akan di restorasi. Kriteria tanaman yang digunakan harus memiliki daya adaptasi yang baik, bukan gulma dan parasit, mampu tumbuh dengan baik serta tahan terhadap stress. Selain itu tanaman yang dipilih juga mampu menjadi tempat bertumbuh dan berkembang bagi makhluk hidup lain.



Gambar 12.4 Vegetasi Zona Riparian
Sumber : Radnawati dan Fatmala (2020)

C. Zona Upland

Zona upland (zona daratan atas), merupakan zona yang memiliki karakter tanaman keras biasanya terdiri dari tumbuhan konifer seperti pohon cemara (*Araucaria*

heterophylla) dan pohon pinus (*Pinus merkusii*). Tanaman yang digunakan untuk restorasi sungai sebisa mungkin adalah tanaman asli yang ada di sekitar sungai yang akan direstorasi. Tanaman yang ditanam pada zona upland adalah tanaman keras dengan akar tunjang dan memiliki batang yang keras, tujuannya agar mampu menahan erosi pada tebing, memiliki naungan yang luas, memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap perubahan muka air tanah dan kecepatan angin. Selain itu, mampu menjadi tempat berkembang dan bertumbuh bagi hewan maupun tumbuhan disekitarnya.



Gambar 12.5 Vegetasi Zona Upland
Sumber : Radnawati dan Fatmala (2020)

13.3.3 Restorasi Morfologi

Restorasi morfologi bertujuan untuk memantau kembali bentuk asli sungai. Alur sungai merupakan jalur air yang secara alamiah mengalir dari tempat yang tinggi (hulu) ke tempat yang lebih rendah (hilir). Pembuatan maupun modifikasi alur sungai sudah dilakukan sejak awal peradaban manusia. Pada awalnya modifikasi aliran air ini dilakukan untuk kebutuhan irigasi agrikultur atau pembebasan lahan. Alur sungai yang pada kondisi naturalnya berluka-luku dibuat menjadi lurus sehingga kecepatan air lebih tinggi (Soar dan Thorne, 2001). Kecepatan air yang lebih tinggi membuat mineral sedimen yang seharusnya dapat

menopang keberlangsungan ekosistem pada sungai menjadi terbawa hingga ke hilir

Restorasi alur sungai kepada bentuk naturalnya bertujuan untuk meningkatkan kelestarian lingkungan dari suatu sungai sehingga sungai tersebut dapat mendukung keanekaragaman hayati, kegiatan rekreasi, dan atau manajemen banjir. Restorasi alur sungai dilakukan dengan berbagai cara, yaitu pemindahan struktur yang menghambat fungsi alami sungai (misalnya menghilangkan suatu bendung), melakukan stabilisasi pada tepian sungai, hingga melakukan konfigurasi ulang pada bentuk sungai (misalnya sungai yang sudah dimodifikasi menjadi lurus, dikembalikan kepada bentuk berliku-liku. Sungai yang telah direstorasi akan mengalami perbaikan pada kecepatan aliran, turbulensi, ketinggian permukaan air, dan transportasi sedimen. Meskipun bertujuan untuk kepentingan ekologi, restorasi alur sungai harus mempertimbangkan kalkulasi dalam bidang *hydraulic engineering* dan *geomorphic engineering* dalam proses desain dan pelaksanaannya.

12.3.4 Restorasi Sosial Ekonomi dan Budaya

Restorasi sosial ekonomi dan budaya dilakukan dengan meningkatkan pemahaman dan kesadaran masyarakat serta memastikan masyarakat turut serta berpartisipasi dalam pemeliharaan serta pengelolaan sungai beserta ekosistem yang ada di dalamnya. Dukungan masyarakat dalam pengelolaan sungai bertujuan agar pengelolaan yang dilakukan sesuai dengan keinginan serta kebutuhan masyarakat sekitar. Hal ini tentu saja tidak dapat berjalan tanpa adanya bantuan dari pemerintah. Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat dan membuat masyarakat paham dan sadar akan pentingnya pengelolaan sungai antara lain:

- melakukan kegiatan sosialisasi kepada masyarakat sekitar tentang pentingnya pengelolaan sungai agar tetap terjaga

kondisinya dan dapat memberikan manfaat dalam jangka waktu yang lama. Kegiatan sosialisasi yang dilakukan dapat menggunakan pendekatan dialogis untuk menciptakan sesuatu yang mampu memenuhi kebutuhan masyarakat dalam mengelola sungai (Matnuah *et al.*, 2022).

- meningkatkan peran penyuluh sebagai pendidik, fasilitator dan mediator dalam pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan sungai (Indrawati dan Yuliantoro, 2022).
- membuat gerakan restorasi sungai yang terstruktur dengan membangun jejaring sosial antar komunitas sungai serta melakukan konsolidasi di mulai level basis hingga level elit. Penelitian Zunariyah *et al.* (2022) pada proses restorasi Sungai Gajah Wong, Yogyakarta, tahapan gerakan dilakukan dengan proses politik berlapis yaitu; (1) mempersiapkan masyarakat secara sosial dan menyamakan pandangan warga sekitar bantaran sungai, (2) melakukan integrasi secara spasial antar warga bantaran yang berbeda wilayah namun masih dalam satu Forum Komunikasi Daerah Aliran Sungai (FORSIDAS) di Gajah Wong, (3) penggalangan dukungan dan melobi pengambil kebijakan untuk berkontribusi (4) pelaksanaan aksi gotong royong bersama dalam rangka pemulihan ekosistem sungai dan terakhir (5) proses refleksi dan evaluasi gerakan.

12.3.5 Restorasi Peraturan dan Kelembagaan

Restorasi peraturan dan kelembagaan dilakukan dengan memfokuskan pada pembuatan peraturan-peraturan untuk memelihara kelestarian serta menjaga kualitas air sungai. Beberapa upaya yang dilakukan antara lain:

- Berbagai peraturan negara maupun peraturan daerah yang terkait kegiatan restorasi sungai dan kualitas air sungai sebaiknya dikompilasi serta dilengkapi dengan peraturan

pelengkap sehingga kegiatan restorasi dapat berjalan sesuai koridor yang telah ditetapkan.

- Penguatan peraturan melalui peraturan lokal yang sesuai dengan kearifan lokal sebagai rujukan dalam pelaksanaan restorasi sungai.
- Perlunya koordinasi, kerjasama, dan konsultasi antar instansi baik vertikal maupun horizontal untuk menghindari konflik atau tabrakan kepentingan, jika diperlukan juga dapat dilakukan pengembangan kelembagaan dalam pengelolaan sungai sesuai dengan kebutuhan.
- Meningkatkan pengawasan dan penegakan hukum yang jelas karena peraturan lingkungan yang telah disusun oleh pemerintah, khususnya pengelolaan sungai, biasanya belum diterapkan secara optimal dalam praktiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Elvania, N. C. 2022. *Manajemen dan Pengelolaan Limbah*. Penerbit Bandung: Widina Bhakti Persada.
- Indrawati, D.R. and Yuliantoro, D. 2022. Peran Penyuluh terhadap Pemberdayaan Masyarakat dalam Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 6(1), 130-141. <https://jepa.ub.ac.id/index.php/jepa/article/view/890>.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.
- Maryono, A. 2003. *Pembangunan Sungai Dampak Dan Restorasi Sungai*. Program Magister Sistem Teknik. Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada.
- Maryono, A. 2015. *Restorasi sungai*. Yogyakarta: UGM Press.
- Matnuh, H., Ruchliyadi, D.A. and Nugroho, D.A. 2022. Optimalisasi Peran Serta Masyarakat dalam Pengelolaan Sungai di Kelurahan Sungai Miai Kecamatan Banjarmasin Utara Kota Banjarmasin. *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(1), 64-70. <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/btj/article/view/3905>.
- Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai.
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Radnawati, D. dan Fatmala, D. 2020. Kajian Perencanaan Lanskap Ekoriparian Das Bengawan Solo. Laporan Hasil Penelitian Dosen. Program Studi Arsitektur Lanskap – FTSP. Institut Sains Dan Teknologi Nasional.
- Sahabuddin, H., Harisuseno, D., & Yuliani, E. 2014. Analisa Status Mutu Air Dan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Wanggu Kota Kendari. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 5(1), 19–28. <https://jurnalpengairan.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/201>.

- Siahaan, R. and Ai, N.S., 2014. Jenis-jenis vegetasi riparian sungai ranoyapo, Minahasa Selatan. *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi*, 1(1), 7-12. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/lppmsains/article/view/7196>.
- Soar, P.J. and Thorne, C.R. 2001. Channel restoration design for meandering rivers. Engineer Research And Development Center Vicksburg Ms Coastal And Hydraulicslab.
- Suryanta, J., Nursugi, N. and Nahib, I. 2018. Identifikasi Morfologi Sungai Dengan Citra Satelit Dalam Restorasi Sungai (Studi Kasus Bengawan Solo Hulu). Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS IX 2018.
- Suryoputro, N. 2009. Restorasi Sungai: Sebuah Konsep Pembangunan Sungai Yang Berkelanjutan. Karya Dosen Fakultas Teknik UM.
- Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Wang, J., Liu, X.D. and Lu, J. 2012. Urban river pollution control and remediation. *Procedia Environmental Sciences*, 13, 1856-1862. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029612001806>.
- Waryono, T., 2003, April. Konsepsi restorasi ekologi kawasan penyangga sempadan sungai di DKI Jakarta. In Seminar Evaluasi Pasca dan Rancang Tindak Pengendalian Banjir. Wilayah Perkotaan. Dept. Kimpraswil, Jakarta.
- Watershed Canada. 2016. The Riparian Zone, The Ribbon of Life. <https://watersheds.ca/wp-content/uploads/2016/02/The-Riparian-Zone-Final.pdf>.
- Zunariyah, S., Suharko, S. and Suharman, S. 2022. Proses Politik Berlapis Dalam Gerakan Restorasi Sungai. *Jurnal Analisa Sosiologi*, 11(2), 326-349. <https://jurnal.uns.ac.id/jas/article/view/60645/35520>.

BIODATA PENULIS



Fitria Fatma, SKM, M.Kes

Dosen Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat
Fakultas Kesehatan Universitas Fort De Kock

Penulis dilahirkan di Kota Bukittinggi tanggal 15 Juni 1986. Penulis sebagai Dosen Tetap Prodi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan, Universitas Fort De Kock Bukittinggi. Lulus S1 di Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Fort De Kock Kota Bukittinggi, dan S2 di Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Andalas Kota Padang. Sejak tahun 2009 hingga sekarang menjadi dosen tetap Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Fort De Kock Bukittinggi. Kepakaran pada Ilmu Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja (K3). Beberapa mata kuliah yang diampu di kampus adalah Dasar Ilmu Kesehatan Lingkungan, Pengelolaan Sampah, Kesehatan Lingkungan Perumahan, Current Issue Kesehatan Lingkungan, Analisis Kualitas Lingkungan, Pengelolaan Limbah, Pengelolaan Sumber Daya Air. Aktif melakukan penelitian dan publikasi di beberapa jurnal nasional terakreditasi tentang sampah, air bersih yang masih ruang lingkup kesehatan lingkungan. Dalam organisasi aktif sebagai anggota IAKMI Kota Bukittinggi dan AK3U Provinsi Sumatera Barat. Silahkan menghubungi penulis melalui email fitriafatma1986@gmail.com

BIODATA PENULIS



Erna Tri Asmorowati, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Majapahit

Penulis lahir di Malang tanggal 12 Juli 1974. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Majapahit. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan melanjutkan S2 pada Jurusan Magister Teknik Lingkungan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.

Selain mengajar, penulis juga tergabung dalam beberapa asosiasi profesi yaitu Asosiasi Sistem Dinamik Indonesia, Ikatan Nasional Tenaga Ahli Konsultan Indonesia bidang sumber daya air dan selaku bendahara pada Persatuan Insinyur Indonesia (PII) kabupaten Mojokerto. Penulis juga merupakan anggota tim teknis penilai Dokumen Lingkungan Hidup di Kabupaten Mojokerto. Sampai saat ini penulis masih aktif dalam publikasi di Jurnal Nasional dalam bidang sumber daya air dan lingkungan.

BIODATA PENULIS



Marlia Mamede., S.T.,M.Ling

Dosen Program Studi Teknologi Lingkungan
Politeknik Indonesia

Penulis lahir di Ujung Pandang tanggal 08 April 1979. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Lingkungan, Politeknik Indonesia Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 di Universitas Veteran Republik Indonesia pada Jurusan Teknik Pertambangan kemudian melanjutkan S2 di Universitas Hasanuddin pada Jurusan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Penulis telah melakukan penelitian terkait dengan sulfat pada air asam tambang batubara. Penulis pernah bekerja sebagai tenaga teknis pada Dinas Pertambangan Kabupaten Paser Kalimantan Timur pada bidang Pengawasan & K3, Bidang Konservasi dan Sumber Daya Alam. Penulis sebagai dosen tidak tetap di Universitas Veteran Republik Indonesia bidang Studi Teknik Peledakan, Tambang Terbuka dan Tambang Bawah Tanah, dan bidang studi Rencana Reklamasi dan Penutupan Tambang. Sebagai dosen tidak tetap di Universitas Fajar Makassar Pada Jurusan Teknik Sipil.

BIODATA PENULIS



Drs. Bambang Suhartawan, M.MT

Dosen Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Penulis lahir di Blitar tanggal 13 Pebruari 1964. Penulis adalah dosen tetap dengan status PNS-DPK pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) Universitas Sains dan Teknologi Jayapura. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Kimia Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Cenderawasih Jayapura pada tahun 1989. Pendidikan Pasca Sarjana diperoleh dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya jurusan Manajemen Teknik Lingkungan pada tahun 2002. Penulis meniti karir berawal sebagai Guru SMA pada tahun 1990, tahun 2008 pindah ke Dinas Pendidikan Pemuda dan Olahraga Provinsi Papua sebagai Kepala Seksi Teknologi dan Informasi Pendidikan, tahun 2011 mendapat kepercayaan sebagai Kepala Dinas Pendidikan dan Pengajaran Kabupaten Keerom, tahun 2014 sebagai Staf Ahli Bupati Bidang Pembangunan di kabupaten yang sama, tahun 2017 sebagai sekretaris Dinas Pemuda dan Olahraga Kabupaten Keerom, tahun 2018 kembali mendapat kepercayaan sebagai Kepala Dinas Pendidikan dan

Kebudayaan Kabupaten Keerom dan baru tahun 2021 mutasi sebagai Dosen PNS berstatus diperbantukan di Universitas Sains dan Teknologi Jayapura hingga saat ini.

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Muhammad Chaerul, ST, S.KM, M.Sc

Dosen Prodi Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan
Fakultas Pascasarjana Universitas Fajar

Penulis lahir di Wawondula Towuti Luwu Timur, dari pasangan Mustaring Beddu dan Hj. Herniati Tagily. Anak kedua dari tiga bersaudara Kakak Muhammad Yamin, ST dan Adik Herlinda Mustaring, SE. Sarjana Teknik Geologi diperoleh dari Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin tahun 2007. Sarjana Kesehatan Masyarakat Prodi Kesehatan Lingkungan di dapatkan pada tahun 2014. Master of Science diperoleh dari Program studi Magister Pengelolaan Lingkungan, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada tahun 2011. Program Doktor diperoleh dari Program Studi Ilmu Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin tahun 2016. Sedangkan Profesi Insinyur diperoleh dari Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin 2020 dengan Insinyur Profesional Madya di Bidang Teknik Lingkungan. Sekarang penulis menjadi salah satu dosen tetap di Prodi Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan. Hingga saat ini penulis adalah tenaga ahli bidang kebencanaan pada Konsultan RESYS. Buku ini adalah hasil kumpulan ide dan karya tulisan terbaik dari teman-teman yang giat

menulis. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada tim yang sudah memberikan kesempatan untuk bergabung di dalam penulisan buku ini. Semoga kedepannya penulis semakin lebih giat lagi untuk terus berkarya.

BIODATA PENULIS



Dr.Lieza Corsita,S.T,M.T.

Dosen Program Studi Teknik Lingkungan

Universitas Sains dan Teknologi Jayapura (USTJ)

Penulis lahir di Jayapura, 30 November 1974 bertempat tinggal di kelurahan Hedam distrik Heram Kota Jayapura. Penulis adalah Dosen dan praktisi lingkungan dengan pengalaman mengajar lebih dari dua dekade di universitas Sains dan Teknologi Jayapura (USTJ) sejak tahun 1998 di Program studi Teknik Lingkungan S-1. Pendidikan formal sarjana ditempuh di Institut Teknologi Bandung, lulus tahun 1998 dan setahun kemudian melanjutkan magister teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan lulus ditahun 2002. Penulis mendapatkan Gelar Doktor ditempuh di Institut Teknologi Bandung tahun dan lulus di tahun 2015. Selama menjadi dosen, penulis banyak menerbitkan artikel dan publikasi yang berkaitan dengan bidang ilmu Teknik Lingkungan yang berkaitan dengan penyediaan air bersih untuk air minum, pencemaran kualitas perairan, kajian limbah B3, teknologi tepat guna dan energi terbarukan. Buku yang sudah diterbitkan antara lain Buku Monograf tentang Pengelolaan Waduk Kaskad Citarum Untuk Pengembangan Air Baku Infrastruktur Air Minum dan Buku Chapter Kimia Lingkungan.

BIODATA PENULIS



Erika Herliana, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Kebangsaan Republik Indonesia

Penulis lahir di Bandung tanggal 22 Oktober 1985. Penulis menyelesaikan jenjang pendidikan S1 pada Program Studi Teknik Lingkungan ITB tahun 2007 dan melanjutkan S2 Joint Program pada Magister Teknik Sistem UGM, Magister Rekayasa Pertambangan ITB dan mendapat kesempatan sebagai mahasiswa undangan di RWTH Aachen Jerman pada tahun 2009 dan mahasiswa riset di TUAT Jepang pada tahun 2011-2012.

BIODATA PENULIS

Arifin Daud

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya Palembang

Penulis adalah seorang dosen di Universitas Sriwijaya Palembang. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya Palembang. Pendidikan S2 diselesaikan di Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung (ITB). Penulis merupakan dosen yang mengampu mata kuliah baik wajib maupun pilihan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Penulis pernah menjadi kepala laboratorium Jurusan Teknik Sipil. Penulis juga pernah menjadi tim ahli Fakultas Teknik. Penulis juga menulis beberapa artikel ilmiah yang publikasi di jurnal nasional. Penulis dapat dihubungi melalui *email* arifindaud@ft.unsri.ac.id.

BIODATA PENULIS



Citra Indriyati

Dosen Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Palembang

Penulis adalah seorang dosen di Universitas Sriwijaya Palembang. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya Palembang. Pendidikan S2 diselesaikan di Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung.

Penulis bergabung dengan Universitas Sriwijaya tahun 2014 di Fakultas Teknik. Penulis merupakan dosen yang mengajarkan mata kuliah wajib maupun pilihan ilmu Teknik Sipil. Penulis pernah menjadi Pembantu Pimpinan Jurusan Teknik Sipil. Penulis pernah menjadi dosen pembimbing untuk tim yang mengikuti kompetisi nasional dan menjadi juara pertama pada kompetisi tersebut. Penulis juga menulis beberapa artikel ilmiah baik di jurnal nasional maupun internasional. Penulis dapat dihubungi melalui *email* citra_indriyati@unsri.ac.id.

BIODATA PENULIS



Winda Suryani Intifada, S.T., M.P.H.

Dosen Program Studi Sarjana Terapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Fakultas Ilmu Vokasi Universitas Medika Suherman

Penulis lahir di Tegal tanggal 14 Juni 1989. Penulis mengenyam Pendidikan Sekolah Dasar (SD) pertamanya di SD Ihsaniyah Tegal. Kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah menengah di SMP Ihsaniyah Tegal. Lulus dari SMP, Penulis melanjutkan studi ke SMA Negeri 1 Tegal. Pada tingkat Pendidikan tinggi, Penulis menempuh Pendidikan sarjana di Universitas Diponegoro pada program studi Teknik Kimia, dilanjutkan ke jenjang magister di Universitas Gadjah Mada pada program studi Ilmu Kesehatan Masyarakat dengan peminatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap pada Program Studi Sarjana Terapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Universitas Medika Suherman.

BIODATA PENULIS



Deswidya S Hutauruk, S.Pd., M.Si.
Dosen Program Studi Analis Kesehatan
Fakultas Kesehatan Universitas Efarina

Deswidya S Hutauruk, lahir di desa Hutanamora, Kecamatan Pangururan, Kabupaten Samosir pada tanggal 15 Desember 1989. Memulai pendidikan di SD Negeri 1 Pangururan, lalu melanjut ke SMP Negeri 1 Pangururan dan menyelesaikan pendidikan wajib 9 tahun di SMA Negeri 1 Pangururan. Setelah tamat SMA, melanjutkan studi di Jurusan Pendidikan Biologi di Universitas Negeri Medan tahun 2017 dan lulus tahun 2011. Pada tahun 2012, melanjutkan Program Pascasarjana (S2) di Universitas Sumatera Utara dengan mengambil Program Studi Biologi (Mikrobiologi), lulus tahun 2014. Sejak tahun 2015 diangkat sebagai dosen tetap di Program Studi D III Analis Kesehatan, Fakultas Kesehatan Universitas Efarina sampai dengan saat ini. Pada tahun 2018 - Maret 2022 penulis di percayakan memegang posisi Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Efarina. Penulis telah beberapa kali memenangkan Hibah Penelitian Dosen Pemula baik sebagai ketua maupun anggota dan hingga kini telah memiliki beberapa publikasi baik di tingkat Lokal, Nasional maupun Internasional.

BIODATA PENULIS



Annisa Bias Cahyanurani, M.P.

Dosen Program Studi Teknik Budidaya Perikanan
Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo

Penulis lahir di Batam tanggal 10 Januari 1994. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Budidaya Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada program studi Manajemen Sumberdaya Perairan di Universitas Brawijaya serta menempuh Pendidikan S2 melalui program *double degree* pada program studi Budidaya Perairan di Universitas Brawijaya dan program studi Aquaculture di National Pingtung University of Science and Technology (NPUST). Saat ini penulis menekuni berbagai penelitian di bidang Budidaya Perikanan dan Manajemen Kualitas Air.