

Buku Referensi



PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR DI ERA PERUBAHAN IKLIM

**Strategi Adaptasi dan Mitigasi
Berbasis Masyarakat**



Penulis:
**Aris Toening Winarni
Harsoyo**

**PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR
DI ERA PERUBAHAN IKLIM:
Strategi Adaptasi dan Mitigasi Berbasis Masyarakat**

Penulis:

Aris Toening Winarni.

Harsoyo.

ISBN : 978-623-8676-70-5

Editor:

Aris Toening Winarni

Cetakan : 23 Desember 2024

Penerbit :

Yayasan Drestanta Pelita Indonesia

Anggota IKAPI No. 276/Anggota Luar Biasa/JTE/2023

Redaksi:

Jl. Kebon Rojo Selatan 1 No. 16, Kebon Batur.

Mranggen, Demak

Tlpn. 081262770266

Fax . (024) 8317391

Email: isbn@yayasandpi.or.id

Hak Cipta dilindungi Undang Undang

Dilarang memperbanyak Karya Tulis ini dalam bentuk apapun.

KATA PENGANTAR

Perubahan iklim global telah menjadi salah satu tantangan terbesar yang dihadapi umat manusia di abad ke-21. Dampaknya terhadap siklus hidrologi dan ketersediaan sumber daya air telah menciptakan kompleksitas baru dalam upaya pengelolaan air yang berkelanjutan. Indonesia, sebagai negara kepulauan terbesar di dunia dengan beragam karakteristik geografis dan sosial-budaya, menghadapi tantangan yang semakin berat dalam memastikan ketahanan air bagi seluruh lapisan masyarakat.

Buku "PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR DI ERA PERUBAHAN IKLIM: Strategi Adaptasi dan Mitigasi Berbasis Masyarakat" hadir sebagai respons terhadap kebutuhan mendesak akan panduan komprehensif dalam menghadapi tantangan pengelolaan sumber daya air di tengah dinamika perubahan iklim. Karya ini tidak hanya menyajikan analisis mendalam tentang dampak perubahan iklim terhadap sumber daya air, tetapi juga menawarkan pendekatan inovatif dengan menempatkan masyarakat sebagai aktor utama dalam strategi adaptasi dan mitigasi.

Keunikan buku ini terletak pada pendekatannya yang mengintegrasikan pengetahuan ilmiah dengan kearifan lokal masyarakat. Melalui berbagai studi kasus dan praktik terbaik yang telah teruji, pembaca akan menemukan bagaimana masyarakat desa Prampelan kecamatan Sayung kabupaten Demak telah berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan strategi adaptasi yang efektif dalam menghadapi tantangan perubahan iklim terkait sumber daya air.

Pembahasan dalam buku ini mencakup berbagai aspek penting, mulai dari pemahaman dasar tentang hubungan antara perubahan iklim dan siklus air, hingga strategi praktis dalam pengelolaan sumber daya air berbasis masyarakat. Buku ini juga mengulas secara mendalam tentang peran penting kolaborasi multi-pihak, termasuk pemerintah, akademisi, masyarakat sipil, dan sektor swasta dalam mewujudkan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan.

Hadirnya buku ini diharapkan dapat menjadi referensi berharga bagi berbagai pemangku kepentingan, termasuk pembuat kebijakan, praktisi pembangunan, akademisi, mahasiswa, dan masyarakat umum yang memiliki kepedulian terhadap isu pengelolaan sumber daya air dan perubahan iklim. Melalui buku ini, kami berharap dapat memberikan kontribusi nyata dalam memperkuat ketahanan masyarakat menghadapi tantangan perubahan iklim, khususnya dalam aspek pengelolaan sumber daya air.

Kami menyadari bahwa upaya adaptasi dan mitigasi perubahan iklim merupakan proses berkelanjutan yang membutuhkan pembelajaran dan penyesuaian terus-menerus. Oleh karena itu, kami mengundang pembaca untuk tidak hanya menjadikan buku ini sebagai sumber pengetahuan, tetapi juga sebagai inspirasi untuk mengembangkan inovasi dan solusi kreatif dalam pengelolaan sumber daya air di tingkat lokal.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat nyata dalam upaya mewujudkan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dan berkeadilan di Indonesia.

Semarang 17 Desember 2024

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I: PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Urgensi Pengelolaan Sumber Daya Air.....	2
1.3 Dampak Perubahan Iklim terhadap Sumber Daya Air	3
1.4 Tantangan Global dan Lokal.....	4
BAB II: KONSEP DAN TEORI PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR	6
2.1 Definisi dan Ruang Lingkup.....	6
2.2 Prinsip-prinsip Pengelolaan Air Berkelanjutan.....	7
2.3 Kebijakan dan Regulasi Pengelolaan Air	7
2.4 Pendekatan Terpadu dalam Pengelolaan Air	9
BAB III: PERUBAHAN IKLIM DAN DAMPAKNYA TERHADAP SUMBER DAYA AIR	10
3.1 Fenomena Perubahan Iklim Global	10
3.2 Dampak terhadap Siklus Hidrologi.....	11
3.3 Kerentanan Sumber Daya Air	12
3.4 Proyeksi dan Skenario Masa Depan.....	14
BAB IV: TEKNOLOGI DAN INOVASI PENGELOLAAN AIR	18
4.1 Teknologi Konservasi Air.....	18
4.2 Sistem Pengolahan Air Modern	20
4.3 Inovasi dalam Daur Ulang Air	22
4.4 Smart Water Management	24
BAB V: PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DALAM PENGELOLAAN AIR	27
5.1 Kearifan Lokal dan Pengetahuan Tradisional.....	29
5.2 Peran Gender dalam Pengelolaan Air.....	31
5.3 Penguatan Kapasitas Masyarakat	33
BAB VI: STUDI KASUS PENGELOLAAN AIR BERBASIS MASYARAKAT: PENGALAMAN DESA PRAMPELAN	37
6.1 Profil dan Karakteristik Wilayah	37
6.2 Tantangan dan Permasalahan Air	39
6.3 Program Inovasi Pengelolaan Air UNTAG Semarang	41
6.3.1 Strategi Implementasi Program.....	41
6.3.2 Pemberdayaan PKK dan Kelompok Perempuan.....	44
6.3.3 Penerapan Teknologi Tepat Guna	45
6.3.4 Panduan Pelatihan Pembuatan Biopori dan Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga.....	47

6.3.5 Penguatan Kelembagaan Lokal	48
6.4 Hasil dan Dampak Program.....	49
BAB VII. KEBERLANJUTAN DAN REPLIKASI.....	51
7.1 Model Keberlanjutan Program	51
7.2 Faktor Kunci Keberhasilan.....	51
7.3 Strategi Replikasi	52
7.4 Rekomendasi Kebijakan	54
BAB VIII PENUTUP	56
8.1 Kesimpulan	56
8.2 Rekomendasi	57
8.3 Agenda Penelitian Masa Depan	58
DAFTAR PUSTAKA	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 6.1 Sumur warga yang tidak dipakai karena kualitas air dan kering.....	37
Gambar 6.2. Banjir di desa Prampelan.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel 6.1. Struktur Pengurus PKK Desa Prampelan	38
---	----

BAB I: PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim telah menjadi salah satu tantangan terbesar yang dihadapi umat manusia di abad ke-21, dengan dampak yang semakin nyata terhadap ketersediaan dan kualitas sumber daya air. Menurut laporan terbaru Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2022), lebih dari 3,3 miliar orang hidup dalam kondisi yang sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim, dengan krisis air menjadi salah satu ancaman paling serius. Di Asia Tenggara, termasuk Indonesia, perubahan pola curah hujan dan peningkatan frekuensi kejadian cuaca ekstrem telah mengakibatkan gangguan serius pada siklus hidrologi dan ketersediaan air bersih (Trinh et al., 2023).

Indonesia, sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, menghadapi tantangan ganda dalam pengelolaan sumber daya air. Di satu sisi, perubahan iklim menyebabkan ketidakpastian dalam pola curah hujan dan meningkatkan risiko bencana hidrometeorologi. Studi yang dilakukan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG, 2023) menunjukkan peningkatan signifikan dalam frekuensi kejadian cuaca ekstrem di Indonesia selama dekade terakhir, dengan dampak langsung terhadap ketersediaan air dan bencana terkait air. Di sisi lain, pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang pesat meningkatkan tekanan terhadap sumber daya air yang ada. World Resources Institute (2024) memproyeksikan bahwa pada tahun 2040, sebagian besar wilayah Indonesia akan mengalami stress air tingkat sedang hingga tinggi jika tidak ada perubahan signifikan dalam pola pengelolaan air.

Kompleksitas tantangan air di era perubahan iklim memerlukan pendekatan yang holistik dan adaptif. Wijaya et al. (2021) menekankan pentingnya mengintegrasikan pengetahuan lokal dengan inovasi teknologi dalam pengelolaan sumber daya air. Penelitian mereka di berbagai wilayah Indonesia menunjukkan bahwa pendekatan berbasis masyarakat yang mempertimbangkan aspek gender dan kearifan lokal memiliki tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dalam adaptasi perubahan iklim. Hal ini diperkuat oleh temuan Rahman dan Kusuma (2022) yang mengidentifikasi peran krusial perempuan dalam konservasi air di tingkat rumah tangga dan komunitas.

Sementara itu, aspek kelembagaan dalam pengelolaan sumber daya air menjadi semakin penting. Studi komprehensif oleh Pusat Penelitian Sumber Daya Air (2023) mengungkapkan bahwa keberhasilan program pengelolaan air sangat bergantung pada kekuatan dan kapasitas lembaga lokal. Kerangka kelembagaan yang kuat, didukung oleh partisipasi aktif masyarakat dan kerja sama multi-pihak, terbukti menjadi faktor kunci dalam keberlanjutan program pengelolaan air (Santoso dan Putri, 2024).

Dalam konteks ini, pengalaman program inovatif pengelolaan sumber daya air di berbagai daerah di Indonesia menawarkan pembelajaran berharga. Hardiyanto et al. (2023) mendokumentasikan berbagai praktik baik dalam adaptasi perubahan iklim berbasis masyarakat di sektor air, termasuk pengembangan teknologi tepat guna dan penguatan kapasitas kelembagaan lokal. Studi kasus dari Desa Prampelan, Demak, misalnya, menunjukkan bagaimana integrasi aspek gender, teknologi, dan penguatan kelembagaan dapat menciptakan model pengelolaan air yang adaptif dan berkelanjutan.

Buku ini hadir sebagai respons terhadap kebutuhan mendesak akan pemahaman komprehensif tentang pengelolaan sumber daya air di era perubahan iklim. Dengan menggabungkan kajian teoretis, analisis kebijakan, dan pembelajaran dari berbagai praktik di lapangan, buku ini bertujuan menyajikan kerangka pemikiran dan panduan praktis bagi berbagai pemangku kepentingan dalam mengembangkan strategi pengelolaan air yang adaptif dan berkelanjutan. Pengalaman dari berbagai daerah, termasuk studi kasus mendalam dari Desa Prampelan, diharapkan dapat memberikan inspirasi dan pembelajaran berharga bagi upaya serupa di lokasi lain.

1.2 Urgensi Pengelolaan Sumber Daya Air

Air merupakan sumber daya vital yang menjadi pondasi kehidupan dan pembangunan berkelanjutan. Ketersediaan air yang memadai, baik dari segi kuantitas maupun kualitas, menjadi prasyarat utama bagi kelangsungan hidup manusia, fungsi ekosistem, dan berbagai sektor pembangunan seperti pertanian, industri, dan energi. Namun, dinamika perubahan iklim global telah menciptakan tekanan yang semakin besar terhadap ketersediaan dan keberlanjutan sumber daya air. Peningkatan suhu rata-rata global, perubahan pola curah hujan, dan meningkatnya frekuensi kejadian ekstrem seperti banjir dan kekeringan telah mengancam stabilitas siklus hidrologi dan sistem pengelolaan air yang ada.

Di sisi lain, pertumbuhan populasi yang pesat, urbanisasi, dan intensifikasi aktivitas ekonomi telah meningkatkan permintaan air secara signifikan. Hal ini menciptakan kesenjangan yang semakin lebar antara kebutuhan dan ketersediaan air, terutama di wilayah-wilayah yang rentan terhadap dampak perubahan iklim. Degradasi lingkungan, pencemaran air, dan eksploitasi berlebihan terhadap sumber daya air telah memperburuk situasi ini, mengancam ketahanan air jangka panjang dan meningkatkan potensi konflik terkait pemanfaatan air.

Dalam konteks ini, urgensi pengelolaan sumber daya air yang adaptif dan berkelanjutan menjadi semakin kritis. Diperlukan pendekatan yang komprehensif dan terintegrasi dalam pengelolaan air yang tidak hanya mempertimbangkan aspek teknis dan infrastruktur, tetapi juga melibatkan dimensi sosial, ekonomi, dan lingkungan. Partisipasi aktif masyarakat dalam perencanaan, implementasi, dan pemantauan pengelolaan sumber daya air menjadi kunci keberhasilan adaptasi terhadap perubahan iklim. Pengetahuan lokal, kearifan tradisional, dan inovasi berbasis masyarakat perlu diintegrasikan dengan pendekatan ilmiah modern untuk menciptakan solusi yang efektif dan berkelanjutan.

Lebih jauh, pengelolaan sumber daya air di era perubahan iklim membutuhkan transformasi fundamental dalam cara kita memandang dan mengelola air. Pendekatan konvensional yang berfokus pada pemenuhan kebutuhan jangka pendek perlu digeser menuju paradigma yang lebih holistik, yang mengutamakan ketahanan jangka panjang dan keseimbangan ekologis. Hal ini mencakup pengembangan strategi adaptasi yang responsif terhadap perubahan iklim, penguatan kapasitas kelembagaan, dan implementasi kebijakan yang mendukung pengelolaan air berkelanjutan berbasis masyarakat.

1.3 Dampak Perubahan Iklim terhadap Sumber Daya Air

Perubahan iklim telah menghadirkan ancaman serius terhadap ketersediaan dan kualitas sumber daya air global. Menurut laporan IPCC (2022), peningkatan suhu rata-rata global sebesar 1.5°C telah menyebabkan perubahan signifikan dalam siklus hidrologi, mempengaruhi pola presipitasi, laju evaporasi, dan dinamika aliran air permukaan maupun air tanah. Studi yang dilakukan oleh Zhang et al. (2019) mengungkapkan bahwa perubahan pola curah hujan telah mengakibatkan ketidakpastian dalam ketersediaan air musiman, dengan beberapa wilayah mengalami peningkatan intensitas hujan yang ekstrem sementara wilayah lain menghadapi periode kekeringan yang lebih panjang.

Dampak perubahan iklim terhadap sumber daya air tidak hanya terbatas pada aspek kuantitatif, tetapi juga mempengaruhi kualitas air secara substansial. Penelitian yang dilakukan oleh Anderson et al. (2021) menunjukkan bahwa peningkatan suhu air telah mengakibatkan perubahan karakteristik fisiko-kimia perairan, meningkatkan risiko pertumbuhan alga berbahaya, dan mempengaruhi keseimbangan ekosistem akuatik. Lebih lanjut, Wang dan Li (2020) melaporkan bahwa kenaikan permukaan air laut akibat pencairan es kutub telah mengancam sumber daya air tawar di wilayah pesisir melalui intrusi air laut ke dalam akuifer pantai.

Fenomena ekstrem terkait iklim seperti banjir dan kekeringan telah menunjukkan peningkatan frekuensi dan intensitas yang mengkhawatirkan. Martinez-Austria dan Patiño-Gómez (2018) mengidentifikasi bahwa kejadian banjir ekstrem telah meningkat sebesar 50% dalam dua dekade terakhir di berbagai wilayah, sementara periode kekeringan yang berkepanjangan telah mempengaruhi ketersediaan air untuk pertanian dan konsumsi domestik. Penelitian terbaru oleh Kumar et al. (2023) mengungkapkan bahwa dampak ini diperparah oleh degradasi daerah aliran sungai dan berkurangnya kapasitas penyimpanan air alami akibat perubahan penggunaan lahan.

Respons sistem air tanah terhadap perubahan iklim juga menunjukkan tren yang mengkhawatirkan. Singh dan Thompson (2020) menemukan bahwa perubahan pola presipitasi telah mempengaruhi laju pengisian ulang akuifer, sementara peningkatan permintaan air di musim kering menyebabkan eksploitasi berlebihan

terhadap sumber daya air tanah. Hal ini diperkuat oleh temuan Chen et al. (2022) yang menunjukkan penurunan muka air tanah yang signifikan di berbagai wilayah, terutama di daerah yang bergantung pada pertanian irigasi.

Dampak perubahan iklim terhadap sumber daya air juga memiliki implikasi sosial-ekonomi yang luas. Penelitian komprehensif oleh Rodriguez-Sanchez et al. (2021) mengungkapkan bahwa gangguan dalam ketersediaan air telah mempengaruhi produktivitas pertanian, ketahanan pangan, dan mata pencaharian masyarakat di berbagai belahan dunia. Sementara itu, Brown et al. (2024) menekankan bahwa komunitas yang paling rentan, terutama di negara berkembang, menghadapi risiko terbesar dari dampak perubahan iklim terhadap sumber daya air, menunjukkan pentingnya pendekatan adaptasi yang mempertimbangkan aspek keadilan sosial dan ketahanan masyarakat.

1.4 Tantangan Global dan Lokal

Perubahan iklim telah menghadirkan ancaman serius terhadap ketersediaan dan kualitas sumber daya air global. Menurut laporan IPCC (2022), peningkatan suhu rata-rata global sebesar 1.5°C telah menyebabkan perubahan signifikan dalam siklus hidrologi, mempengaruhi pola presipitasi, laju evaporasi, dan dinamika aliran air permukaan maupun air tanah. Studi yang dilakukan oleh Zhang et al. (2019) mengungkapkan bahwa perubahan pola curah hujan telah mengakibatkan ketidakpastian dalam ketersediaan air musiman, dengan beberapa wilayah mengalami peningkatan intensitas hujan yang ekstrem sementara wilayah lain menghadapi periode kekeringan yang lebih panjang.

Dampak perubahan iklim terhadap sumber daya air tidak hanya terbatas pada aspek kuantitatif, tetapi juga mempengaruhi kualitas air secara substansial. Penelitian yang dilakukan oleh Anderson et al. (2021) menunjukkan bahwa peningkatan suhu air telah mengakibatkan perubahan karakteristik fisiko-kimia perairan, meningkatkan risiko pertumbuhan alga berbahaya, dan mempengaruhi keseimbangan ekosistem akuatik. Lebih lanjut, Wang dan Li (2020) melaporkan bahwa kenaikan permukaan air laut akibat pencairan es kutub telah mengancam sumber daya air tawar di wilayah pesisir melalui intrusi air laut ke dalam akuifer pantai.

Fenomena ekstrem terkait iklim seperti banjir dan kekeringan telah menunjukkan peningkatan frekuensi dan intensitas yang mengkhawatirkan. Martinez-Austria dan Patiño-Gómez (2018) mengidentifikasi bahwa kejadian banjir ekstrem telah meningkat sebesar 50% dalam dua dekade terakhir di berbagai wilayah, sementara periode kekeringan yang berkepanjangan telah mempengaruhi ketersediaan air untuk pertanian dan konsumsi domestik. Penelitian terbaru oleh Kumar et al. (2023) mengungkapkan bahwa dampak ini diperparah oleh degradasi daerah aliran sungai dan berkurangnya kapasitas penyimpanan air alami akibat perubahan penggunaan lahan.

Respons sistem air tanah terhadap perubahan iklim juga menunjukkan tren yang mengkhawatirkan. Singh dan Thompson (2020) menemukan bahwa perubahan

pola presipitasi telah mempengaruhi laju pengisian ulang akuifer, sementara peningkatan permintaan air di musim kering menyebabkan eksploitasi berlebihan terhadap sumber daya air tanah. Hal ini diperkuat oleh temuan Chen et al. (2022) yang menunjukkan penurunan muka air tanah yang signifikan di berbagai wilayah, terutama di daerah yang bergantung pada pertanian irigasi.

Dampak perubahan iklim terhadap sumber daya air juga memiliki implikasi sosial-ekonomi yang luas. Penelitian komprehensif oleh Rodriguez-Sanchez et al. (2021) mengungkapkan bahwa gangguan dalam ketersediaan air telah mempengaruhi produktivitas pertanian, ketahanan pangan, dan mata pencaharian masyarakat di berbagai belahan dunia. Sementara itu, Brown et al. (2024) menekankan bahwa komunitas yang paling rentan, terutama di negara berkembang, menghadapi risiko terbesar dari dampak perubahan iklim terhadap sumber daya air, menunjukkan pentingnya pendekatan adaptasi yang mempertimbangkan aspek keadilan sosial dan ketahanan masyarakat.

BAB II: KONSEP DAN TEORI PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR

2.1 Definisi dan Ruang Lingkup

Pengelolaan sumber daya air (PSDA) merupakan upaya terencana dalam merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air. Menurut Sutawan (2014) dalam bukunya "Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu", PSDA mencakup kegiatan perencanaan, implementasi, dan evaluasi dalam penggunaan air secara berkelanjutan untuk mencapai keseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan. Sejalan dengan hal tersebut, Arif (2018) menegaskan bahwa pengelolaan sumber daya air harus memperhatikan keterkaitan antara air permukaan dan air tanah dalam satu kesatuan sistem hidrologi.

Asdak (2015) menjelaskan bahwa ruang lingkup PSDA di Indonesia mencakup tiga aspek utama: konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air. Kodoatie dan Sjarief (2020) lebih lanjut menguraikan bahwa ruang lingkup pengelolaan sumber daya air meliputi perencanaan, pelaksanaan konstruksi, operasi dan pemeliharaan dalam upaya meningkatkan pelayanan kepada masyarakat dan keberlanjutan fungsi sumber daya air.

Dari perspektif implementasi, Pawitan (2019) menekankan pentingnya pendekatan terpadu dalam pengelolaan sumber daya air yang mempertimbangkan unit wilayah sungai sebagai kesatuan pengelolaan. Hal ini diperkuat oleh penelitian Maryono (2016) yang menunjukkan bahwa pengelolaan sumber daya air harus memperhatikan karakteristik hidrologis, kondisi sosial ekonomi masyarakat, dan keseimbangan ekosistem dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS).

Aspek kelembagaan dalam PSDA mendapat perhatian khusus dari para ahli Indonesia. Suprayogi (2017) mengidentifikasi bahwa efektivitas pengelolaan sumber daya air sangat bergantung pada koordinasi antar pemangku kepentingan dan kelembagaan yang kuat. Sejalan dengan hal tersebut, Sarwono (2021) menekankan pentingnya penguatan kapasitas kelembagaan pengelola sumber daya air, baik di tingkat pusat maupun daerah, untuk menjamin keberlanjutan pengelolaan.

Dimensi sosial-budaya dalam PSDA juga menjadi perhatian penting. Winarta (2016) mengemukakan bahwa pengelolaan sumber daya air di Indonesia tidak dapat dilepaskan dari kearifan lokal dan nilai-nilai budaya masyarakat. Hal ini didukung oleh penelitian Rahmawati (2023) yang mengungkapkan pentingnya mengintegrasikan pengetahuan lokal dengan pendekatan modern dalam pengelolaan sumber daya air.

Aspek teknis PSDA mencakup berbagai komponen penting. Sudjarwadi (2015) menguraikan bahwa pengelolaan sumber daya air harus didukung oleh sistem informasi dan pemantauan yang handal, termasuk pengukuran debit, kualitas air, dan parameter hidrologi lainnya. Sementara itu, Hendradjaja (2022) menekankan pentingnya pengembangan infrastruktur air yang mempertimbangkan aspek keberlanjutan dan adaptasi terhadap perubahan iklim.

2.2 Prinsip-prinsip Pengelolaan Air Berkelanjutan

Prinsip-prinsip pengelolaan air berkelanjutan merupakan landasan fundamental dalam menjamin ketersediaan sumber daya air untuk generasi saat ini dan masa depan. Kodoatie (2019) mengidentifikasi bahwa prinsip keberlanjutan dalam pengelolaan air harus memperhatikan aspek keseimbangan antara pemanfaatan dan konservasi, dengan mempertimbangkan daya dukung lingkungan serta kebutuhan sosial ekonomi masyarakat. Sejalan dengan hal tersebut, Asdak (2018) menekankan pentingnya prinsip keterpaduan dalam pengelolaan air yang mengintegrasikan aspek biofisik, sosial-ekonomi, dan kelembagaan.

Prinsip partisipasi masyarakat menjadi salah satu pilar utama dalam pengelolaan air berkelanjutan. Menurut penelitian Rahayu et al. (2020), keterlibatan aktif masyarakat dalam perencanaan, pelaksanaan, dan pemantauan pengelolaan air dapat meningkatkan efektivitas dan keberlanjutan program. Hal ini diperkuat oleh temuan Widodo (2021) yang menunjukkan bahwa pendekatan partisipatif dalam pengelolaan air dapat meningkatkan rasa kepemilikan masyarakat dan mendorong perilaku konservasi air yang lebih baik.

Prinsip keadilan dalam akses dan distribusi air merupakan aspek penting lainnya. Sutopo (2017) menggarisbawahi bahwa pengelolaan air berkelanjutan harus menjamin keadilan dalam alokasi air antar pengguna dan antar wilayah, dengan mempertimbangkan prioritas penggunaan untuk kebutuhan pokok dan pelestarian lingkungan. Penelitian Purnama (2022) menambahkan bahwa prinsip keadilan juga mencakup aspek gender dan kesetaraan sosial dalam akses terhadap sumber daya air.

Prinsip Good Governance, Hendradjaja dan Sutrisno (2020) menegaskan bahwa aspek kelembagaan, pentingnya prinsip tata kelola yang baik (good governance) dalam pengelolaan air berkelanjutan, yang meliputi transparansi, akuntabilitas, dan koordinasi antar pemangku kepentingan. Sementara itu, Mulyana (2023) menekankan bahwa prinsip desentralisasi dan subsidiaritas dalam pengelolaan air harus diimplementasikan dengan tetap memperhatikan keterpaduan pengelolaan pada tingkat daerah aliran sungai.

Prinsip efisiensi dan optimalisasi penggunaan air menjadi semakin relevan di era perubahan iklim. Yulianti dan Pranoto (2021) menjelaskan bahwa pengelolaan air berkelanjutan harus mengedepankan efisiensi penggunaan air melalui penerapan teknologi hemat air dan praktik konservasi air. Hal ini didukung oleh penelitian Santoso (2023) yang mengungkapkan pentingnya inovasi teknologi dan pendekatan adaptif dalam mengoptimalkan penggunaan air.

2.3 Kebijakan dan Regulasi Pengelolaan Air

Kebijakan dan regulasi pengelolaan air di Indonesia memiliki landasan konstitusional yang kuat melalui Pasal 33 ayat (3) UUD 1945 yang menyatakan bahwa bumi, air, dan kekayaan alam dikuasai oleh negara untuk sebesar-besarnya

kemakmuran rakyat. Harianto (2020) menjelaskan bahwa implementasi amanat konstitusi tersebut diwujudkan melalui berbagai peraturan perundang-undangan, dengan Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air sebagai payung hukum utama dalam pengelolaan sumber daya air di Indonesia.

Sejarah regulasi pengelolaan air di Indonesia mengalami dinamika yang signifikan. Menurut Santoso dan Purnomo (2021), pembatalan UU No. 7 Tahun 2004 oleh Mahkamah Konstitusi pada tahun 2015 menjadi momentum penting dalam reformasi kebijakan pengelolaan air di Indonesia, yang kemudian melahirkan UU No. 17 Tahun 2019 dengan penekanan lebih kuat pada peran negara dan pembatasan privatisasi sumber daya air.

Dalam konteks kelembagaan, Wiryanto (2022) menguraikan bahwa pengelolaan sumber daya air di Indonesia melibatkan berbagai institusi dari tingkat pusat hingga daerah. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat menjadi koordinator utama, dengan dukungan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kementerian Dalam Negeri, serta pemerintah daerah. Hal ini diatur dalam PP No. 121 Tahun 2015 tentang Pengusahaan Sumber Daya Air dan berbagai regulasi turunannya.

Aspek perizinan dalam pengelolaan air mendapat perhatian khusus dalam kerangka regulasi Indonesia. Menurut kajian Hadipuro (2023), implementasi Peraturan Pemerintah No. 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum telah membawa perubahan signifikan dalam tata kelola perizinan penggunaan air, dengan penekanan pada prinsip kepentingan umum dan keberlanjutan lingkungan. Namun, Rahmawati (2021) mengidentifikasi masih adanya tantangan dalam harmonisasi kebijakan antara pusat dan daerah terkait pengelolaan air.

Regulasi terkait konservasi sumber daya air diatur secara spesifik dalam berbagai peraturan. Sutrisno et al. (2022) menjelaskan bahwa Peraturan Menteri PUPR No. 1 Tahun 2016 tentang Tata Cara Perizinan Pengusahaan Sumber Daya Air dan Penggunaan Sumber Daya Air memberikan kerangka hukum untuk perlindungan dan pelestarian sumber daya air. Sementara itu, aspek pengendalian pencemaran air diatur dalam PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Kebijakan pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) menjadi komponen penting dalam regulasi pengelolaan air di Indonesia. Asdak dan Suprayogi (2023) menekankan bahwa PP No. 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan DAS memberikan landasan untuk pengelolaan terpadu berbasis DAS, meskipun dalam implementasinya masih menghadapi tantangan koordinasi lintas sektor dan wilayah.

Aspek pendanaan pengelolaan sumber daya air diatur dalam berbagai instrumen kebijakan. Widodo dan Harianto (2021) menganalisis bahwa pembiayaan pengelolaan sumber daya air bersumber dari APBN, APBD, dan sumber pendanaan lainnya yang sah, sebagaimana diatur dalam PP No. 121 Tahun 2015. Namun, Purnama (2023) mengidentifikasi perlunya penguatan mekanisme pendanaan alternatif untuk mendukung keberlanjutan pengelolaan air.

2.4 Pendekatan Terpadu dalam Pengelolaan Air

Pendekatan terpadu dalam pengelolaan air (Integrated Water Resources Management/IWRM) merupakan paradigma yang mengintegrasikan berbagai aspek dan komponen dalam pengelolaan sumber daya air secara holistik. Asdak (2020) mendefinisikan IWRM sebagai proses yang mendorong pengembangan dan pengelolaan air, lahan, dan sumber daya terkait secara terkoordinasi untuk mengoptimalkan kesejahteraan ekonomi dan sosial tanpa mengorbankan keberlanjutan ekosistem. Sejalan dengan hal tersebut, Kodoatie (2021) menekankan bahwa pendekatan terpadu harus mempertimbangkan keterkaitan antara air permukaan dan air tanah, serta hubungan antara kuantitas dan kualitas air dalam satu kesatuan sistem hidrologi.

Implementasi pendekatan terpadu menurut Sutrisno dan Rahmawati (2022) memerlukan integrasi empat dimensi utama: dimensi sumber daya air (air permukaan, air tanah, dan air hujan), dimensi pengguna (domestik, pertanian, industri), dimensi spasial (hulu-hilir, administratif), dan dimensi kelembagaan (pemerintah, swasta, masyarakat). Penelitian Widodo et al. (2023) menunjukkan bahwa keberhasilan pendekatan terpadu sangat bergantung pada koordinasi efektif antar pemangku kepentingan dan harmonisasi kebijakan di berbagai tingkatan.

Aspek perencanaan dalam pendekatan terpadu menjadi sangat krusial. Hendradjaja (2021) menggarisbawahi pentingnya perencanaan partisipatif yang melibatkan seluruh pemangku kepentingan, dengan mempertimbangkan kebutuhan dan kepentingan berbagai sektor pengguna air. Hal ini diperkuat oleh temuan Purnama (2022) yang menunjukkan bahwa perencanaan terpadu harus didasarkan pada data dan informasi yang akurat serta mempertimbangkan proyeksi kebutuhan air jangka panjang.

Maryono dan Santoso (2023) menekankan bahwa pendekatan terpadu harus memperhatikan keterkaitan antara pengelolaan lahan di daerah hulu dengan dampaknya terhadap kualitas dan kuantitas air di hilir. Penelitian mereka mengungkapkan bahwa praktik konservasi tanah dan air di daerah hulu berkontribusi signifikan terhadap keberlanjutan sumber daya air di seluruh DAS.

Aspek kelembagaan dalam pendekatan terpadu mendapat perhatian khusus dari Mulyana (2021), yang mengidentifikasi perlunya pengembangan mekanisme koordinasi lintas sektor dan wilayah yang efektif. Sementara itu, Yulianti et al. (2023) menekankan pentingnya penguatan kapasitas kelembagaan dan sumber daya manusia dalam implementasi pendekatan terpadu.

Adaptasi terhadap perubahan iklim juga menjadi komponen penting dalam pendekatan terpadu. Rahayu dan Pranoto (2022) menjelaskan bahwa pendekatan terpadu harus mempertimbangkan dampak perubahan iklim terhadap ketersediaan dan distribusi air, serta mengembangkan strategi adaptasi yang sesuai. Hal ini mencakup pengembangan sistem peringatan dini, infrastruktur yang adaptif, dan strategi pengelolaan risiko.

BAB III: PERUBAHAN IKLIM DAN DAMPAKNYA TERHADAP SUMBER DAYA AIR

3.1 Fenomena Perubahan Iklim Global

Perubahan iklim global merupakan salah satu tantangan lingkungan paling serius yang dihadapi dunia saat ini. Fenomena ini ditandai dengan perubahan kondisi iklim Bumi secara signifikan dan berkelanjutan dalam jangka waktu yang panjang, yang mempengaruhi suhu rata-rata, pola curah hujan, dan frekuensi kejadian cuaca ekstrem. Menurut Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), suhu permukaan global telah meningkat sekitar 1,1°C dibandingkan dengan era pra-industri, dengan laju pemanasan yang semakin cepat dalam beberapa dekade terakhir (IPCC, 2021).

Penyebab utama perubahan iklim adalah peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, terutama karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan nitrogen oksida (N₂O). Aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, praktik pertanian intensif, dan industrialisasi telah secara dramatis meningkatkan emisi gas-gas ini. Gas rumah kaca ini memiliki kemampuan untuk memerangkap panas di atmosfer, menciptakan efek rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global. Konsentrasi CO₂ di atmosfer telah meningkat dari sekitar 280 parts per million (ppm) di era pra-industri menjadi lebih dari 410 ppm pada tahun 2020.

Dampak perubahan iklim global sangat luas dan kompleks, mempengaruhi berbagai aspek kehidupan dan ekosistem Bumi. Naiknya permukaan air laut akibat mencairnya es di kutub dan ekspansi termal air laut mengancam wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Perubahan pola curah hujan menyebabkan kekeringan berkepanjangan di beberapa wilayah dan banjir ekstrem di wilayah lainnya. Peningkatan frekuensi dan intensitas kejadian cuaca ekstrem seperti badai tropis, gelombang panas, dan kebakaran hutan juga menjadi ancaman serius bagi kehidupan manusia dan keanekaragaman hayati (World Meteorological Organization, 2023).

Ekosistem alami dan pertanian mengalami tekanan berat akibat perubahan iklim. Pergeseran zona iklim menyebabkan migrasi spesies dan perubahan dalam siklus pertumbuhan tanaman. Hal ini berdampak langsung pada ketahanan pangan global dan keseimbangan ekosistem. Asidifikasi laut akibat penyerapan CO₂ yang berlebihan mengancam kehidupan laut, terutama terumbu karang dan organisme berkulit keras.

Perubahan iklim juga memiliki implikasi sosial-ekonomi yang signifikan. Masyarakat yang bergantung pada pertanian dan sumber daya alam rentan mengalami kemiskinan akibat gagal panen dan degradasi lingkungan. Perpindahan penduduk akibat bencana iklim dan kelangkaan sumber daya dapat memicu konflik sosial dan krisis kemanusiaan. Beban ekonomi untuk mengatasi dampak perubahan iklim dan melakukan adaptasi semakin meningkat setiap tahunnya.

Untuk mengatasi krisis iklim global, diperlukan upaya bersama pada skala global melalui pengurangan emisi gas rumah kaca (mitigasi) dan peningkatan ketahanan terhadap dampak yang tidak dapat dihindari (adaptasi). Kesepakatan

Paris 2015 menetapkan target untuk membatasi pemanasan global di bawah 2°C, lebih baik lagi 1,5°C, dibandingkan tingkat pra-industri. Pencapaian target ini membutuhkan transformasi mendasar dalam sistem energi, transportasi, industri, dan penggunaan lahan, serta kerja sama internasional yang lebih kuat.

3.2 Dampak terhadap Siklus Hidrologi

Perubahan iklim global memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap siklus hidrologi, mengubah pola dan karakteristik pergerakan air di atmosfer, permukaan bumi, dan bawah tanah. Peningkatan suhu global tidak hanya mempengaruhi volume dan distribusi air, tetapi juga mengubah intensitas dan frekuensi berbagai komponen dalam siklus hidrologi. Perubahan ini menciptakan rangkaian efek domino yang mempengaruhi ketersediaan air, kualitas air, dan keberlanjutan ekosistem akuatik di seluruh dunia.

Salah satu dampak paling mendasar dari perubahan iklim terhadap siklus hidrologi adalah peningkatan laju evaporasi dan evapotranspirasi. Kenaikan suhu global menyebabkan air di permukaan bumi, termasuk lautan, danau, dan sungai, menguap lebih cepat. Demikian pula, tumbuhan melepaskan lebih banyak air ke atmosfer melalui proses transpirasi sebagai respons terhadap suhu yang lebih tinggi. Peningkatan laju evaporasi dan evapotranspirasi ini mengubah keseimbangan air di atmosfer dan mengakibatkan perubahan dalam pola presipitasi global.

Perubahan pola presipitasi menjadi semakin tidak menentu dan ekstrem. Di beberapa wilayah, intensitas hujan meningkat secara dramatis, menyebabkan banjir bandang dan longsor yang lebih sering terjadi. Sementara itu, wilayah lain mengalami pengurangan curah hujan yang signifikan, menyebabkan kekeringan berkepanjangan. Pergeseran waktu dan distribusi spasial presipitasi juga mempengaruhi ketersediaan air untuk pertanian, industri, dan konsumsi manusia. Musim hujan dan kemarau menjadi semakin tidak dapat diprediksi, mengganggu pola tanam tradisional dan manajemen sumber daya air.

Pencairan es dan salju di pegunungan tinggi dan wilayah kutub merupakan dampak lain yang signifikan. Glacier dan tutupan salju abadi yang berfungsi sebagai reservoir air alami mengalami pengurangan massa yang cepat. Hal ini tidak hanya mempengaruhi aliran sungai yang bersumber dari pegunungan, tetapi juga berkontribusi pada kenaikan permukaan laut global. Perubahan dalam waktu dan volume pencairan salju musiman juga mempengaruhi ketersediaan air di hilir, terutama pada musim kering ketika aliran air dari pencairan salju sangat dibutuhkan.

Kenaikan permukaan air laut akibat pemanasan global memiliki implikasi serius terhadap sistem air tanah di wilayah pesisir. Intrusi air laut ke dalam akuifer pesisir meningkat, mengancam sumber air tawar bagi jutaan penduduk yang tinggal di wilayah pesisir. Peningkatan salinitas air tanah tidak hanya mempengaruhi ketersediaan air minum, tetapi juga berdampak pada produktivitas pertanian di wilayah pesisir dan kesehatan ekosistem perairan tawar.

Perubahan iklim juga mempengaruhi kualitas air melalui berbagai mekanisme. Peningkatan suhu air permukaan menyebabkan penurunan kadar

oksigen terlarut dan meningkatkan pertumbuhan alga yang dapat berbahaya. Intensitas hujan yang lebih tinggi meningkatkan laju erosi dan pengangkutan sedimen ke badan air, sementara periode kering yang lebih panjang menyebabkan konsentrasi polutan meningkat karena berkurangnya volume air untuk pengenceran.

Dampak terhadap air tanah juga signifikan. Perubahan pola presipitasi dan peningkatan laju evaporasi mempengaruhi laju pengisian ulang (recharge) akuifer. Di banyak wilayah, pengurangan laju pengisian ulang air tanah dikombinasikan dengan peningkatan ekstraksi untuk memenuhi kebutuhan selama periode kekeringan, menyebabkan penurunan muka air tanah yang semakin cepat. Hal ini dapat menyebabkan subsidensi tanah dan kerusakan infrastruktur, serta berkurangnya aliran dasar sungai yang penting untuk menjaga ekosistem akuatik selama musim kering.

Ekosistem perairan mengalami tekanan berat akibat perubahan dalam siklus hidrologi. Perubahan rezim aliran sungai mempengaruhi habitat akuatik dan siklus hidup berbagai spesies. Wetland dan ekosistem air tawar lainnya mengalami degradasi akibat perubahan hidroperiod dan kualitas air. Hal ini berdampak pada keanekaragaman hayati dan jasa ekosistem yang disediakan oleh sistem perairan alami.

Dampak kumulatif dari perubahan siklus hidrologi ini memiliki implikasi serius bagi manajemen sumber daya air. Infrastruktur air yang ada, seperti waduk dan sistem irigasi, mungkin tidak lagi sesuai dengan pola hidrologi yang baru. Perencanaan dan pengelolaan sumber daya air perlu disesuaikan untuk mengakomodasi variabilitas yang lebih besar dan ketidakpastian dalam ketersediaan air. Strategi adaptif dan pendekatan manajemen yang lebih fleksibel diperlukan untuk mengatasi tantangan ini.

Upaya mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim dalam konteks siklus hidrologi memerlukan pendekatan terpadu yang mempertimbangkan keterkaitan antara sistem iklim, hidrologi, dan sosial-ekonomi. Konservasi air, efisiensi penggunaan air, perlindungan daerah tangkapan air, dan restorasi ekosistem perairan menjadi semakin penting. Pengembangan sistem pemantauan dan peringatan dini untuk kejadian ekstrem terkait air, serta peningkatan kapasitas adaptif masyarakat dan institusi pengelola air, juga merupakan komponen kunci dalam menghadapi tantangan perubahan iklim terhadap siklus hidrologi.

3.3 Kerentanan Sumber Daya Air

Kerentanan sumber daya air menjadi isu kritis yang semakin kompleks di era perubahan iklim global. Perubahan dalam siklus hidrologi yang dipicu oleh pemanasan global telah meningkatkan tekanan pada sistem sumber daya air, menciptakan berbagai bentuk kerentanan yang saling terkait dan berdampak pada aspek kuantitas, kualitas, dan aksesibilitas air. Pemahaman mendalam tentang kerentanan ini sangat penting untuk mengembangkan strategi pengelolaan air yang efektif dan berkelanjutan.

Dari segi kuantitas, kerentanan sumber daya air terlihat jelas dari ketidakseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air. Perubahan pola

presipitasi yang semakin tidak menentu menyebabkan distribusi temporal dan spasial air menjadi tidak merata. Beberapa wilayah mengalami surplus air yang berlebihan hingga menimbulkan banjir, sementara wilayah lain mengalami defisit air yang berkepanjangan. Ketidakpastian ini diperparah oleh meningkatnya kebutuhan air akibat pertumbuhan populasi, urbanisasi, dan perkembangan sektor industri serta pertanian.

Sumber air permukaan seperti sungai dan danau menunjukkan tingkat kerentanan yang tinggi terhadap perubahan iklim. Fluktuasi debit air yang ekstrem antara musim hujan dan kemarau menyulitkan pengelolaan dan pemanfaatan air secara optimal. Pada musim kemarau, berkurangnya aliran air dapat mengancam kelangsungan berbagai aktivitas yang bergantung pada sumber air permukaan, termasuk irigasi pertanian, pembangkit listrik tenaga air, dan penyediaan air bersih untuk pemukiman. Sebaliknya, pada musim hujan, peningkatan intensitas curah hujan dapat menyebabkan banjir yang merusak infrastruktur air dan mencemari sumber air bersih.

Air tanah, yang sering diandalkan sebagai cadangan strategis selama periode kekeringan, juga menghadapi berbagai bentuk kerentanan. Eksploitasi berlebihan akibat meningkatnya ketergantungan pada air tanah selama musim kering, dikombinasikan dengan berkurangnya laju pengisian ulang akuifer akibat perubahan pola presipitasi, menyebabkan penurunan muka air tanah yang signifikan di banyak wilayah. Di kawasan pesisir, kerentanan air tanah semakin meningkat akibat intrusi air laut yang dipercepat oleh kenaikan permukaan laut dan pengambilan air tanah yang berlebihan.

Kualitas air menjadi aspek kerentanan yang tidak kalah penting. Peningkatan suhu air, kombinasi dengan beban nutrisi yang tinggi dari aktivitas manusia, meningkatkan risiko eutrofikasi dan pertumbuhan alga berbahaya di badan air. Intensitas hujan yang lebih tinggi meningkatkan limpasan permukaan yang membawa polutan dari lahan pertanian dan perkotaan ke dalam sistem perairan. Pada periode kering, berkurangnya volume air untuk pengenceran alami menyebabkan konsentrasi polutan meningkat, memperburuk kualitas air dan mengancam kesehatan ekosistem akuatik.

Infrastruktur air yang ada sering kali tidak dirancang untuk menghadapi variabilitas iklim yang meningkat, menambah dimensi baru pada kerentanan sumber daya air. Waduk, sistem irigasi, dan instalasi pengolahan air mungkin tidak mampu mengatasi perubahan ekstrem dalam ketersediaan air atau menghadapi peristiwa cuaca ekstrem yang lebih sering terjadi. Kerusakan infrastruktur akibat bencana terkait iklim dapat mengganggu layanan air dan memerlukan biaya pemulihan yang besar.

Dimensi sosial-ekonomi dari kerentanan sumber daya air juga semakin menonjol. Masyarakat miskin dan kelompok marginal seringkali paling rentan terhadap gangguan dalam pasokan air, baik karena keterbatasan akses maupun kemampuan ekonomi. Konflik kepentingan antara berbagai pengguna air (pertanian, industri, domestik) dapat memanas ketika ketersediaan air berkurang, sementara kapasitas kelembagaan untuk mengelola konflik ini sering kali terbatas.

Ekosistem perairan alami menunjukkan kerentanan khusus terhadap perubahan dalam rezim hidrologi. Wetland, yang berperan penting dalam penyerapan karbon dan penyediaan jasa ekosistem, menghadapi ancaman dari perubahan hidroperiod dan kualitas air. Spesies akuatik yang telah beradaptasi dengan pola aliran air tertentu mungkin tidak mampu bertahan menghadapi perubahan yang cepat dalam kondisi habitat mereka.

Kerentanan sumber daya air juga memiliki dimensi spasial yang penting. Daerah aliran sungai (DAS) yang telah mengalami degradasi akibat deforestasi dan perubahan penggunaan lahan menunjukkan kerentanan yang lebih tinggi terhadap dampak perubahan iklim. Kemampuan DAS untuk menyimpan air dan mengatur aliran menjadi berkurang, meningkatkan risiko banjir dan kekeringan.

Menghadapi berbagai bentuk kerentanan ini membutuhkan pendekatan adaptif dalam pengelolaan sumber daya air. Strategi pengelolaan perlu mempertimbangkan ketidakpastian iklim dan meningkatkan ketahanan sistem sumber daya air melalui diversifikasi sumber air, peningkatan efisiensi penggunaan air, dan perlindungan ekosistem perairan alami. Penguatan kapasitas kelembagaan dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan air menjadi semakin penting untuk mengatasi tantangan yang kompleks ini.

Investasi dalam sistem pemantauan dan peringatan dini, pengembangan infrastruktur air yang tahan iklim, serta implementasi praktik pengelolaan air yang berkelanjutan merupakan langkah-langkah kunci untuk mengurangi kerentanan sumber daya air. Namun, keberhasilan upaya ini bergantung pada komitmen politik, dukungan finansial, dan kerja sama antara berbagai pemangku kepentingan dalam mengelola sumber daya air sebagai aset bersama yang vital bagi kehidupan dan pembangunan berkelanjutan.

3.4 Proyeksi dan Skenario Masa Depan

Proyeksi dan skenario masa depan terkait perubahan iklim dan dampaknya terhadap sumber daya air menggambarkan berbagai kemungkinan yang akan dihadapi umat manusia dalam beberapa dekade mendatang. Berdasarkan pemodelan iklim dan analisis tren yang ada, para ilmuwan telah mengembangkan berbagai skenario yang mempertimbangkan interaksi kompleks antara sistem iklim, siklus hidrologi, dan aktivitas manusia. Pemahaman terhadap proyeksi ini sangat penting untuk perencanaan adaptasi dan mitigasi yang efektif dalam pengelolaan sumber daya air.

Panel Antar pemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC) memproyeksikan bahwa tanpa upaya pengurangan emisi gas rumah kaca yang signifikan, suhu global rata-rata dapat meningkat antara 2,5°C hingga 4°C pada akhir abad ini dibandingkan dengan era pra-industri. Peningkatan suhu ini akan memiliki dampak mendalam pada siklus hidrologi global dan sistem sumber daya air. Dalam skenario emisi tinggi, intensifikasi siklus hidrologi global diperkirakan akan meningkat sekitar 7% untuk setiap derajat Celsius pemanasan, yang berarti perubahan dramatis dalam pola presipitasi dan penguapan di seluruh dunia.

Proyeksi untuk wilayah tropis dan subtropis menunjukkan peningkatan variabilitas curah hujan yang ekstrem. Wilayah yang saat ini sudah basah cenderung akan menjadi lebih basah, sementara wilayah kering akan mengalami kekeringan yang lebih parah. Di wilayah monsun, intensitas musim hujan diproyeksikan akan meningkat, namun durasinya mungkin berkurang. Hal ini dapat menyebabkan periode banjir yang lebih ekstrem diikuti oleh kekeringan yang lebih panjang, menciptakan tantangan serius bagi pengelolaan air dan ketahanan pangan.

Untuk wilayah pegunungan tinggi dan daerah kutub, proyeksi menunjukkan percepatan pencairan es dan salju yang akan mengubah pola aliran sungai secara fundamental. Dalam jangka pendek hingga menengah, pencairan glacier dapat meningkatkan aliran air, namun dalam jangka panjang, berkurangnya massa es akan menyebabkan pengurangan aliran air yang signifikan, terutama selama musim kering. Hal ini akan mempengaruhi ketersediaan air bagi miliaran orang yang bergantung pada aliran sungai yang bersumber dari pegunungan.

Kenaikan permukaan laut diproyeksikan akan terus berlanjut bahkan setelah emisi gas rumah kaca distabilkan, karena proses pemanasan lautan dan pencairan es berlangsung dalam skala waktu yang panjang. Dalam skenario emisi tinggi, kenaikan permukaan laut global bisa mencapai 0,6 hingga 1,1 meter pada tahun 2100, dengan kemungkinan kenaikan yang lebih tinggi di beberapa wilayah. Hal ini akan meningkatkan risiko intrusi air laut ke dalam akuifer pesisir dan mengancam sumber air tawar di wilayah pesisir yang dihuni oleh ratusan juta orang.

Dari perspektif ketersediaan air, proyeksi menunjukkan bahwa jumlah orang yang hidup dalam kondisi stress air akan meningkat secara signifikan. Kombinasi antara pertumbuhan populasi, urbanisasi, dan dampak perubahan iklim diperkirakan akan menyebabkan sekitar 4 miliar orang mengalami kelangkaan air kronis pada tahun 2050. Wilayah yang sudah mengalami tekanan air, seperti Timur Tengah dan Afrika Utara, akan menghadapi tantangan yang semakin berat dalam memenuhi kebutuhan air dasar penduduknya.

Ekosistem air tawar diproyeksikan akan mengalami perubahan dramatis. Peningkatan suhu air dan perubahan rezim aliran akan mempengaruhi distribusi spesies dan fungsi ekosistem. Beberapa proyeksi menunjukkan bahwa hingga 75% wetland global berisiko mengalami degradasi atau hilang pada akhir abad ini, yang akan berdampak serius pada keanekaragaman hayati dan jasa ekosistem yang mereka sediakan.

Pada sektor pertanian, perubahan pola curah hujan dan peningkatan evapotranspirasi akan mempengaruhi produktivitas pertanian yang bergantung pada hujan. Di beberapa wilayah, musim tanam akan berubah atau memendek, sementara kebutuhan irigasi akan meningkat. Proyeksi menunjukkan bahwa tanpa adaptasi yang memadai, hasil panen di banyak wilayah tropis dan subtropis dapat menurun 10-30% pada tahun 2050.

Infrastruktur air akan menghadapi tekanan yang semakin besar. Sistem yang ada mungkin tidak mampu mengatasi variabilitas iklim yang meningkat dan kejadian ekstrem yang lebih sering. Investasi besar-besaran dalam infrastruktur air yang

tahan iklim akan diperlukan, dengan perkiraan kebutuhan investasi global mencapai triliunan dolar dalam beberapa dekade mendatang.

Namun, masa depan tidak sepenuhnya suram. Skenario mitigasi yang ambisius, di mana emisi gas rumah kaca dapat dikurangi secara signifikan, menunjukkan kemungkinan untuk membatasi pemanasan global di bawah 2°C sesuai dengan Perjanjian Paris. Dalam skenario ini, meskipun beberapa perubahan dalam sistem air tetap tidak dapat dihindari, magnitude dampaknya akan jauh lebih kecil dan lebih mudah diadaptasi.

Adaptasi sistem sumber daya air terhadap perubahan iklim akan memerlukan pendekatan yang transformatif. Proyeksi menunjukkan bahwa praktik pengelolaan air konvensional mungkin tidak lagi memadai dalam menghadapi variabilitas dan ketidakpastian yang meningkat. Solusi berbasis alam, seperti restorasi wetland dan pengelolaan daerah aliran sungai terpadu, akan menjadi semakin penting dalam meningkatkan ketahanan sistem air.

Teknologi juga akan memainkan peran kunci dalam skenario masa depan. Pengembangan sistem pemanenan air hujan yang lebih efisien, teknologi desalinasi yang lebih hemat energi, dan sistem pengolahan air yang lebih canggih dapat membantu mengatasi tantangan ketersediaan air. Sistem pemantauan dan peringatan dini yang didukung oleh kecerdasan buatan dan teknologi penginderaan jauh akan meningkatkan kemampuan untuk mengelola risiko terkait air.

Dari perspektif sosial-ekonomi, proyeksi menunjukkan bahwa ketimpangan dalam akses terhadap air bersih dapat semakin melebar tanpa intervensi kebijakan yang tepat. Masyarakat miskin dan kelompok rentan akan menghadapi risiko terbesar dari dampak perubahan iklim terhadap sumber daya air. Investasi dalam infrastruktur air dan pengembangan kapasitas adaptif masyarakat akan menjadi kunci untuk mengurangi kesenjangan ini.

Tata kelola air akan menghadapi tantangan yang semakin kompleks. Kompetisi untuk sumber daya air yang semakin langka dapat meningkatkan risiko konflik, baik di tingkat lokal maupun internasional. Kerjasama lintas batas dalam pengelolaan sumber daya air bersama akan menjadi semakin penting, terutama di daerah aliran sungai internasional.

Pada aspek perkotaan, proyeksi pertumbuhan kota dan perubahan iklim menunjukkan tantangan ganda dalam penyediaan air bersih dan pengelolaan air limbah. Kota-kota perlu mengembangkan pendekatan yang lebih terintegrasi dalam pengelolaan air perkotaan, termasuk infrastruktur hijau dan sistem drainase berkelanjutan.

Meskipun proyeksi dan skenario masa depan ini menggambarkan tantangan yang berat, mereka juga menyoroti peluang untuk transformasi positif dalam cara kita mengelola sumber daya air. Implementasi solusi inovatif, penguatan kerja sama internasional, dan komitmen terhadap pembangunan berkelanjutan dapat membantu menciptakan masa depan di mana ketahanan air dapat dijamin untuk generasi mendatang. Kunci keberhasilannya terletak pada tindakan yang diambil hari ini untuk

mitigasi perubahan iklim dan adaptasi sistem sumber daya air terhadap perubahan yang tidak dapat dihindari.

BAB IV: TEKNOLOGI DAN INOVASI PENGELOLAAN AIR

4.1 Teknologi Konservasi Air

Teknologi konservasi air memegang peranan vital dalam menghadapi tantangan pengelolaan sumber daya air di era perubahan iklim. Seiring dengan meningkatnya tekanan terhadap ketersediaan air dan variabilitas iklim yang semakin ekstrem, pengembangan dan implementasi teknologi konservasi air yang efektif dan berkelanjutan menjadi semakin krusial. Berbagai inovasi teknologi telah dikembangkan untuk mengoptimalkan penggunaan air, mengurangi kehilangan air, dan meningkatkan efisiensi penggunaan air di berbagai sektor.

Dalam sektor pertanian, yang mengkonsumsi sekitar 70% penggunaan air global, teknologi irigasi presisi telah menjadi fokus utama dalam upaya konservasi air. Sistem irigasi tetes (drip irrigation) yang dilengkapi dengan sensor kelembaban tanah dan kontrol otomatis memungkinkan penyaluran air yang tepat sesuai kebutuhan tanaman. Teknologi ini dapat mengurangi penggunaan air hingga 60% dibandingkan dengan metode irigasi konvensional. Penggunaan sensor cuaca real-time dan algoritma kecerdasan buatan membantu petani mengoptimalkan jadwal irigasi berdasarkan kondisi cuaca, jenis tanah, dan fase pertumbuhan tanaman.

Teknologi pertanian vertikal dan hidroponik juga menawarkan solusi untuk mengoptimalkan penggunaan air dalam produksi pangan. Sistem ini menggunakan air resirkulasi yang dapat menghemat hingga 95% penggunaan air dibandingkan dengan pertanian konvensional. Integrasi sistem pemanenan air hujan dan pengolahan air limbah dalam pertanian perkotaan memungkinkan pemanfaatan sumber air alternatif untuk produksi pangan secara berkelanjutan.

Di sektor perkotaan, teknologi smart water metering dan deteksi kebocoran berbasis Internet of Things (IoT) memainkan peran penting dalam konservasi air. Sensor pintar yang dipasang di jaringan distribusi air dapat mendeteksi kebocoran secara real-time dan memberikan peringatan dini untuk perbaikan segera. Sistem monitoring konsumsi air berbasis aplikasi mobile memungkinkan pengguna memantau dan mengoptimalkan penggunaan air mereka. Teknologi ini dapat mengurangi kehilangan air dalam sistem distribusi hingga 30%.

Pengolahan dan daur ulang air limbah menggunakan teknologi membran canggih seperti ultrafiltrasi dan reverse osmosis memungkinkan pemanfaatan kembali air untuk berbagai keperluan non-konsumsi. Teknologi bioreaktor membran (MBR) yang mengintegrasikan proses biologis dan filtrasi membran menghasilkan air olahan dengan kualitas tinggi yang dapat digunakan kembali untuk irigasi, industri, atau pengisian ulang akuifer. Inovasi dalam teknologi membran telah menurunkan biaya operasional dan meningkatkan efisiensi pengolahan.

Teknologi pemanenan air hujan modern menggunakan sistem filtering otomatis dan penyimpanan cerdas yang dapat mengoptimalkan pemanfaatan air hujan. Integrasi sistem ini dengan teknologi IoT memungkinkan manajemen penyimpanan yang lebih efisien dan pemanfaatan air hujan yang optimal sesuai dengan kebutuhan. Tank penyimpanan pintar dilengkapi dengan sensor level air dan

sistem kontrol otomatis yang dapat mengatur distribusi air sesuai dengan pola penggunaan dan prediksi curah hujan.

Dalam hal konservasi air tanah, teknologi recharge buatan (artificial recharge) menggunakan metode injeksi langsung atau infiltrasi yang dibantu dengan sistem monitoring real-time telah dikembangkan. Teknologi ini membantu memulihkan akuifer yang mengalami deplesi dan mencegah intrusi air laut di wilayah pesisir. Penggunaan sensor dan pemodelan hidrogeologi canggih memungkinkan optimalisasi lokasi dan waktu pengisian ulang akuifer.

Teknologi desalinasi generasi baru menggunakan membran grafena dan sistem energi terbarukan telah menurunkan konsumsi energi dan biaya operasional secara signifikan. Inovasi dalam desain membran dan sistem pemulihan energi memungkinkan produksi air tawar dari air laut dengan efisiensi yang lebih tinggi. Integrasi teknologi desalinasi dengan pembangkit listrik tenaga surya atau angin menciptakan solusi berkelanjutan untuk wilayah yang menghadapi kelangkaan air.

Dalam pengelolaan daerah aliran sungai (DAS), teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (GIS) memungkinkan pemantauan kondisi DAS secara komprehensif. Data satelit resolusi tinggi dikombinasikan dengan sensor di lapangan memberikan informasi real-time tentang tutupan lahan, kelembaban tanah, dan aliran air permukaan. Informasi ini penting untuk mengoptimalkan praktik konservasi tanah dan air di tingkat lansekap.

Teknologi konstruksi hijau dan infrastruktur air perkotaan berkelanjutan juga berkontribusi signifikan dalam konservasi air. Sistem pemanenan air hujan terintegrasi, taman hujan (rain gardens), dan permukaan permeabel membantu mengurangi limpasan permukaan dan meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah. Green roof dan vertical garden yang dilengkapi dengan sistem irigasi pintar membantu mengurangi efek urban heat island dan mengoptimalkan penggunaan air untuk penghijauan kota.

Dalam sektor industri, teknologi water footprint monitoring dan sistem audit air otomatis membantu perusahaan mengidentifikasi peluang penghematan air. Sistem closed-loop cooling dan teknologi zero liquid discharge memungkinkan industri mengurangi konsumsi air secara drastis. Teknologi pengolahan air limbah industri menggunakan metode advanced oxidation dan sistem membran selektif memungkinkan recovery bahan bernilai dan penggunaan kembali air dalam proses produksi.

Teknologi informasi dan komunikasi (TIK) memainkan peran penting dalam mengintegrasikan berbagai teknologi konservasi air. Platform manajemen air terpadu berbasis cloud computing memungkinkan koordinasi yang lebih baik antara berbagai pemangku kepentingan dalam pengelolaan sumber daya air. Big data analytics dan machine learning membantu mengoptimalkan operasi sistem air dan memprediksi kebutuhan air masa depan dengan lebih akurat.

Meskipun teknologi konservasi air ini menawarkan solusi yang menjanjikan, implementasinya memerlukan investasi yang signifikan dan peningkatan kapasitas teknis. Kebijakan yang mendukung adopsi teknologi, insentif finansial, dan program

peningkatan kesadaran masyarakat diperlukan untuk mempercepat implementasi teknologi konservasi air secara luas. Kerjasama antara pemerintah, sektor swasta, dan lembaga penelitian juga penting untuk mendorong inovasi dan pengembangan teknologi yang lebih terjangkau dan mudah diterapkan.

Dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan ketahanan air di masa depan, teknologi konservasi air akan terus berkembang. Integrasi teknologi konvensional dengan inovasi digital dan solusi berbasis alam akan menciptakan pendekatan yang lebih komprehensif dalam konservasi air. Pengembangan teknologi yang adaptif terhadap kondisi lokal dan dapat diakses oleh berbagai kelompok masyarakat menjadi kunci dalam mencapai pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan.

4.2 Sistem Pengolahan Air Modern

Sistem pengolahan air modern telah mengalami evolusi signifikan sebagai respons terhadap tantangan perubahan iklim dan kebutuhan akan pengelolaan sumber daya air yang lebih efisien. Integrasi teknologi canggih, otomatisasi, dan pendekatan berkelanjutan telah menghasilkan sistem pengolahan air yang lebih adaptif, efisien, dan ramah lingkungan. Perkembangan ini mencakup berbagai aspek pengolahan air, mulai dari air baku hingga air limbah, dengan fokus pada pemulihan sumber daya dan minimalisasi dampak lingkungan.

Dalam pengolahan air baku, teknologi penyaringan membran mutakhir telah menjadi komponen utama sistem pengolahan modern. Ultrafiltrasi (UF), nanofiltrasi (NF), dan reverse osmosis (RO) memungkinkan pemisahan kontaminan pada tingkat molekuler dengan efisiensi tinggi. Penggunaan membran keramik dan polimer generasi baru yang memiliki ketahanan lebih tinggi terhadap fouling dan kemampuan self-cleaning telah meningkatkan performa dan menurunkan biaya operasional. Sistem membran ini sering dikombinasikan dengan proses pre-treatment menggunakan teknologi koagulasi-flokulasi yang dioptimalkan secara otomatis berdasarkan kualitas air masuk.

Advanced oxidation processes (AOPs) menjadi semakin penting dalam sistem pengolahan air modern, terutama untuk menangani kontaminan emerging seperti senyawa farmasi, mikroplastik, dan disruptor endokrin. Teknologi AOPs seperti UV/H₂O₂, ozonasi katalitik, dan proses foto-Fenton menggunakan radikal hidroksil yang sangat reaktif untuk mendegradasi polutan organik yang sulit terurai. Integrasi AOPs dengan sistem pengolahan biologis menghasilkan efisiensi removal kontaminan yang lebih tinggi dengan konsumsi energi yang lebih rendah.

Sistem pengolahan biologis modern telah berevolusi dengan pengembangan teknologi bioreaktor membran (MBR) yang menggabungkan proses biologis dengan filtrasi membran dalam satu unit kompak. MBR generasi terbaru menggunakan membran hollow fiber atau flat sheet dengan desain anti-fouling dan sistem aerasi yang lebih efisien energi. Penggunaan media biofilm bergerak (moving bed biofilm reactor - MBBR) dan teknologi granular sludge meningkatkan kapasitas pengolahan dan stabilitas proses biologis.

Otomatisasi dan kontrol proses berbasis artificial intelligence (AI) telah merevolusi cara sistem pengolahan air dioperasikan. Sensor online yang terintegrasi dengan sistem SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) memungkinkan monitoring real-time parameter kualitas air dan penyesuaian otomatis dosis bahan kimia serta parameter operasional lainnya. Machine learning algorithms digunakan untuk mengoptimalkan proses pengolahan dan memprediksi kegagalan sistem sebelum terjadi, meningkatkan reliabilitas dan efisiensi operasional.

Dalam konteks pengolahan air limbah, konsep resource recovery menjadi fokus utama sistem modern. Teknologi anaerobic digestion yang ditingkatkan dengan proses thermal hydrolysis memungkinkan produksi biogas yang lebih efisien dari lumpur organik. Sistem recovery nutrient menggunakan teknologi kristalisasi struvite dan ion exchange selektif untuk memulihkan fosfor dan nitrogen dalam bentuk yang dapat digunakan kembali sebagai pupuk. Integrasi sistem ini dengan teknologi pemulihan energi menciptakan fasilitas pengolahan air limbah yang mendekati net-zero energy.

Desalinasi air laut menggunakan teknologi reverse osmosis energi-efisien telah menjadi semakin penting dalam portfolio sistem pengolahan air modern. Inovasi dalam desain membran, sistem pemulihan energi, dan integrasi dengan energi terbarukan telah menurunkan konsumsi energi dan biaya operasional secara signifikan. Penggunaan nanomaterial dan membran biomimetik memberikan harapan untuk efisiensi yang lebih tinggi dalam proses desalinasi masa depan.

Sistem pengolahan air hujan modern mengintegrasikan teknologi filtrasi canggih dengan sistem kontrol pintar untuk mengoptimalkan kualitas dan kuantitas air yang dipanen. First flush diversion systems yang dilengkapi dengan sensor conductivity dan turbidity memastikan hanya air hujan dengan kualitas baik yang disimpan. Sistem UV disinfection dan filtrasi membran memberikan pengolahan tambahan untuk memenuhi standar kualitas air yang diinginkan.

Dalam skala komunal, sistem pengolahan air terdesentralisasi (decentralized water treatment systems - DEWATS) yang menggunakan kombinasi teknologi natural dan engineered telah dikembangkan. Sistem ini menggabungkan constructed wetlands dengan teknologi membran dan disinfeksi UV dalam desain modular yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan lokal. Integrasi dengan sistem informasi geografis (GIS) memungkinkan monitoring dan manajemen jaringan DEWATS secara efisien.

Recovery air dari air limbah (water reuse) menjadi komponen integral sistem pengolahan modern. Teknologi membran advanced seperti forward osmosis dan membrane distillation, dikombinasikan dengan sistem disinfeksi multiple barrier, menghasilkan air olahan dengan kualitas yang sesuai untuk berbagai aplikasi, termasuk penggunaan tidak langsung untuk air minum (indirect potable reuse). Sistem monitoring kualitas air online dan early warning systems memastikan keamanan proses water reuse.

Manajemen lumpur (sludge management) dalam sistem modern menggunakan teknologi dewatering efisien seperti centrifuge dan belt filter press

yang dilengkapi dengan sistem kontrol otomatis. Thermal drying menggunakan energi terbarukan dan teknologi gasifikasi memungkinkan konversi lumpur menjadi produk bernilai tambah seperti biochar atau energi. Sistem pengolahan lumpur terintegrasi ini mengurangi volume limbah dan menciptakan peluang resource recovery.

Aspek keberlanjutan menjadi pertimbangan utama dalam desain sistem pengolahan modern. Penggunaan bahan kimia ramah lingkungan, minimalisasi produksi limbah, dan optimalisasi konsumsi energi menjadi prioritas. Integrasi sistem pengolahan dengan infrastruktur hijau seperti constructed wetlands dan rain gardens menciptakan solusi hybrid yang menggabungkan keunggulan teknologi dengan proses alami.

Digitalisasi dan internet of things (IoT) memungkinkan monitoring dan kontrol sistem pengolahan air secara remote. Digital twin technology memungkinkan simulasi dan optimalisasi operasi sistem dalam lingkungan virtual sebelum implementasi di lapangan. Blockchain technology mulai digunakan untuk meningkatkan transparansi dan traceability dalam manajemen kualitas air.

Meskipun sistem pengolahan air modern menawarkan berbagai keunggulan, implementasinya memerlukan investasi signifikan dan peningkatan kapasitas operator. Pengembangan teknologi yang lebih terjangkau dan mudah dioperasikan, serta peningkatan efisiensi energi, menjadi fokus penelitian berkelanjutan. Kerjasama antara industri, akademisi, dan pemerintah dalam pengembangan dan implementasi teknologi pengolahan air modern akan menjadi kunci dalam mencapai pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan di era perubahan iklim.

4.3 Inovasi dalam Daur Ulang Air

Inovasi dalam daur ulang air telah berkembang pesat sebagai respons terhadap tantangan kelangkaan air di era perubahan iklim. Perkembangan teknologi dan pendekatan baru dalam pengolahan air limbah tidak hanya mencakup solusi teknologi tinggi tetapi juga inovasi berbasis masyarakat yang praktis dan berkelanjutan. Transformasi dalam sistem daur ulang air ini mencerminkan kebutuhan akan solusi komprehensif yang dapat diimplementasikan di berbagai skala, mulai dari tingkat rumah tangga hingga infrastruktur perkotaan besar.

Dalam aspek perkotaan modern, sistem daur ulang air telah mengadopsi teknologi membran canggih seperti ultrafiltrasi (UF) dan reverse osmosis (RO) sebagai komponen utama pengolahan. Inovasi dalam material membran, termasuk pengembangan membran nanokomposit dan biomimetik, telah meningkatkan efisiensi proses penyaringan sambil secara signifikan mengurangi konsumsi energi. Sistem membran ini mampu menghasilkan air dengan kualitas tinggi yang memenuhi standar untuk berbagai keperluan, dari irigasi hingga penggunaan industri.

Bioteknologi memegang peran krusial dalam evolusi sistem daur ulang air melalui penggunaan mikroorganisme yang direkayasa genetika untuk mendegradasi polutan organik. Sistem bioreaktor membran (MBR) yang mengintegrasikan proses biologis dengan teknologi membran menunjukkan efektivitas tinggi dalam

menghilangkan kontaminan organik dan nutrient. Perkembangan terbaru mencakup pengembangan konsorsium mikroba spesifik yang tidak hanya mengurai polutan kompleks tetapi juga menghasilkan produk samping bermanfaat seperti biogas.

Di tingkat komunitas dan rumah tangga, inovasi dalam teknologi biopori telah muncul sebagai solusi sederhana namun efektif untuk meningkatkan daya resap air ke dalam tanah. Lubang Resapan Biopori (LRB) mengadopsi prinsip-prinsip alami dalam mengelola air dan sampah organik secara simultan. Sistem ini, yang terdiri dari lubang silindris vertikal berdiameter 10-30 cm dan kedalaman sekitar 100 cm, memanfaatkan proses dekomposisi oleh mikroorganisme tanah untuk menciptakan rongga-rongga kecil yang meningkatkan infiltrasi air. Inovasi dalam desain biopori termasuk penambahan filter pencegah tersumbat dan sistem monitoring kelembaban tanah terintegrasi.

Sistem penyaringan air limbah rumah tangga juga mengalami perkembangan signifikan dengan fokus pada implementasi yang mudah dan pengelolaan berbasis masyarakat. Multi-stage filtration yang mengkombinasikan media filter alami seperti pasir, kerikil, arang aktif, dan zeolite telah menjadi pendekatan populer. Pengembangan biofilter aerobik-anaerobik yang mengintegrasikan media filter dengan koloni mikroorganisme pengurai meningkatkan efektivitas pengolahan sambil mempertahankan kesederhanaan operasional. Constructed wetland skala rumah tangga dengan tanaman air seperti Canna, Iris, dan Typha juga menjadi inovasi yang semakin diminati untuk pengolahan grey water.

Implementasi teknologi sensor dan sistem kontrol otomatis telah menghadirkan revolusi dalam monitoring dan optimasi proses daur ulang air. Sensor real-time untuk parameter kualitas air memungkinkan penyesuaian proses pengolahan secara dinamis, sementara integrasi teknologi Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan (AI) meningkatkan efisiensi operasional. Sistem prediktif berbasis AI dapat mengantisipasi fluktuasi kualitas air dan menyesuaikan parameter operasi secara otomatis untuk mempertahankan output yang konsisten.

Aspek penting lainnya dalam inovasi daur ulang air adalah pengembangan teknologi untuk recovery dan pemanfaatan kembali nutrient dan mineral berharga dari air limbah. Sistem pengolahan terintegrasi dengan proses recovery fosfor dan nitrogen memungkinkan produksi pupuk, sementara teknologi elektrokimia canggih dapat me-recovery logam berharga dari aliran limbah industri. Inovasi ini tidak hanya meningkatkan nilai ekonomi proses daur ulang air tetapi juga mendukung prinsip ekonomi sirkular.

Pada sektor pertanian, sistem irigasi presisi terintegrasi dengan daur ulang air telah meningkatkan efisiensi penggunaan air secara signifikan. Fertigasi pintar menggunakan air daur ulang yang diperkaya nutrient mengoptimalkan penggunaan air dan pupuk secara simultan. Teknologi sensor kelembaban tanah dan monitoring pertumbuhan tanaman real-time membantu menyesuaikan aplikasi air daur ulang sesuai kebutuhan aktual tanaman.

Tantangan utama dalam implementasi teknologi daur ulang air adalah kebutuhan energi yang signifikan. Inovasi dalam efisiensi energi dan integrasi energi

terbarukan menjadi fokus pengembangan, termasuk sistem heat recovery dan manajemen energi pintar. Untuk sistem skala rumah tangga, pengembangan desain berbasis gravitasi dan pengolahan pasif telah mengurangi ketergantungan pada pompa listrik, menciptakan solusi yang lebih berkelanjutan.

Kesadaran akan pentingnya aspek keamanan dan kualitas dalam penggunaan air daur ulang telah mendorong inovasi dalam sistem monitoring dan quality assurance. Pengembangan metode deteksi cepat untuk patogen dan kontaminan emergen meningkatkan keandalan sistem, sementara implementasi traceability berbasis blockchain memberikan transparansi dan akuntabilitas dalam manajemen kualitas air daur ulang.

Edukasi dan pemberdayaan masyarakat menjadi komponen kunci dalam implementasi teknologi daur ulang air, khususnya untuk sistem skala komunitas. Program pelatihan yang mengintegrasikan pengetahuan teknis dengan kearifan lokal meningkatkan tingkat adopsi dan keberlanjutan. Pengembangan manual operasional yang mudah dipahami dan sistem monitoring berbasis komunitas membantu memastikan efektivitas jangka panjang instalasi yang ada.

Perkembangan ke depan dalam inovasi daur ulang air akan terus dipengaruhi oleh kemajuan teknologi dan perubahan kebutuhan masyarakat. Pengembangan material baru seperti membran self-cleaning dan catalyst advanced oxidation akan meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem pengolahan. Integrasi lebih dalam dengan teknologi digital, seperti digital twins dan autonomous systems, akan membuka peluang baru dalam optimasi dan manajemen. Fokus pada pendekatan berbasis alam dan solusi terintegrasi akan menjadi kunci dalam pengembangan sistem daur ulang air yang berkelanjutan di masa depan.

4.4 Smart Water Management

Smart Water Management (SWM) merupakan pendekatan revolusioner dalam pengelolaan sumber daya air yang mengintegrasikan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) terkini dengan infrastruktur air konvensional. Sistem ini menggabungkan sensor canggih, analisis data real-time, kecerdasan buatan, dan otomatisasi untuk menciptakan pengelolaan air yang lebih efisien, responsif, dan berkelanjutan. Dalam era perubahan iklim yang semakin tidak terprediksi, SWM menjadi kunci dalam memastikan ketahanan sumber daya air dan optimalisasi penggunaannya.

Internet of Things (IoT) menjadi tulang punggung dalam implementasi SWM, dengan jaringan sensor terdistribusi yang memantau berbagai parameter kualitas dan kuantitas air secara real-time. Sensor-sensor canggih ini mengukur parameter seperti tekanan, aliran, tingkat kekeruhan, pH, konduktivitas, kandungan kimia, dan parameter kualitas air lainnya. Data yang dikumpulkan ditransmisikan secara wireless ke pusat kontrol, memungkinkan monitoring kondisi sistem air secara komprehensif dan berkelanjutan. Inovasi dalam teknologi sensor telah menghasilkan perangkat yang lebih tahan lama, hemat energi, dan mampu melakukan kalibrasi otomatis.

Artificial Intelligence (AI) dan Machine Learning (ML) memainkan peran crucial dalam menganalisis volume besar data yang dihasilkan oleh jaringan sensor. Algoritma AI canggih dapat mengidentifikasi pola penggunaan air, memprediksi kebutuhan air masa depan, dan mendeteksi anomali yang mungkin mengindikasikan kebocoran atau masalah sistem lainnya. Sistem prediktif berbasis ML dapat mengantisipasi potensi kegagalan infrastruktur dan merekomendasikan tindakan preventif, mengubah pendekatan pemeliharaan dari reaktif menjadi proaktif.

Digital Twin Technology telah menjadi inovasi game-changing dalam SWM, menciptakan replika virtual dari infrastruktur air fisik yang memungkinkan simulasi dan optimasi dalam lingkungan virtual sebelum implementasi di dunia nyata. Model digital ini memungkinkan operator untuk menguji berbagai skenario operasional, mengoptimalkan kinerja sistem, dan merencanakan respons terhadap berbagai kondisi darurat. Integrasi data real-time dengan model digital twin memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang perilaku sistem dan membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih informasi.

Sistem Manajemen Distribusi Air Pintar menggunakan kombinasi sensor tekanan, flowmeter pintar, dan katup yang dapat dikontrol secara remote untuk mengoptimalkan distribusi air. Sistem ini dapat secara otomatis menyesuaikan tekanan dan aliran berdasarkan permintaan real-time, mengurangi kehilangan air akibat kebocoran, dan memastikan distribusi yang merata ke seluruh jaringan. Advanced Metering Infrastructure (AMI) dengan smart meter memungkinkan pemantauan konsumsi air secara detail dan penagihan yang lebih akurat.

Pengelolaan kualitas air, SWM mengimplementasikan sistem monitoring kualitas air online yang terintegrasi dengan sistem pengambilan keputusan otomatis. Sensor-sensor kualitas air yang terhubung dapat mendeteksi kontaminan dan perubahan parameter kualitas air secara instan, memungkinkan respons cepat terhadap potensi masalah kualitas air. Sistem ini juga mengintegrasikan prediksi cuaca dan data lingkungan untuk mengantisipasi perubahan kualitas air akibat faktor eksternal.

Manajemen energi dalam sistem air juga menjadi lebih pintar dengan implementasi SWM. Sistem pompa pintar yang dilengkapi dengan Variable Frequency Drive (VFD) dapat menyesuaikan operasinya berdasarkan permintaan aktual, mengoptimalkan konsumsi energi. Integrasi dengan sistem energi terbarukan dan penyimpanan energi memungkinkan operasi yang lebih berkelanjutan dan efisien dari segi biaya.

Platform visualisasi data dan dashboard interaktif menjadi antarmuka utama dalam SWM, menyajikan informasi kompleks dalam format yang mudah dipahami oleh operator dan pemangku kepentingan. Sistem ini memungkinkan monitoring real-time kondisi sistem, analisis tren, dan pelaporan otomatis. Mobile apps yang terintegrasi memungkinkan akses ke informasi sistem dan kontrol dari jarak jauh, meningkatkan fleksibilitas dan responsivitas manajemen.

Manajemen permintaan air pintar (Smart Water Demand Management) menggunakan analisis data canggih untuk memahami dan mempengaruhi pola konsumsi air. Sistem ini mengintegrasikan data konsumsi historis dengan faktor-faktor seperti cuaca, event khusus, dan tren sosial untuk memprediksi dan mengelola permintaan air secara lebih efektif. Program konservasi air berbasis teknologi dan sistem insentif pintar membantu mendorong penggunaan air yang lebih efisien.

Aspek keamanan siber menjadi perhatian utama dalam implementasi SWM, mengingat ketergantungan sistem pada infrastruktur digital. Implementasi protokol keamanan canggih, enkripsi data, dan sistem deteksi intrusi menjadi komponen penting dalam melindungi sistem dari ancaman siber. Regular security audit dan update sistem memastikan ketahanan infrastruktur smart water terhadap ancaman yang terus berkembang.

Integrasi SWM dengan sistem kota pintar (smart city) menciptakan sinergi dalam pengelolaan infrastruktur perkotaan. Sharing data antara berbagai sistem kota pintar memungkinkan koordinasi yang lebih baik dalam pengelolaan sumber daya dan respons terhadap situasi darurat. Sebagai contoh, data dari sistem drainase pintar dapat diintegrasikan dengan sistem manajemen banjir dan perencanaan tata kota.

Pengembangan SWM ke depan akan semakin didorong oleh kemajuan dalam teknologi 5G, edge computing, dan blockchain. Teknologi 5G akan memungkinkan komunikasi real-time yang lebih cepat dan andal antara komponen sistem, sementara edge computing akan meningkatkan kemampuan pemrosesan data di titik pengumpulan. Teknologi blockchain berpotensi meningkatkan transparansi dan keamanan dalam pengelolaan data dan transaksi terkait air.

Implementasi SWM juga mempertimbangkan aspek sosial dan pemberdayaan masyarakat. Platform engagement digital memungkinkan partisipasi aktif masyarakat dalam konservasi air dan pelaporan masalah. Program edukasi berbasis teknologi dan gamifikasi membantu meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan air yang berkelanjutan. Dalam konteks ini, SWM tidak hanya menjadi solusi teknologi tetapi juga katalis untuk perubahan perilaku dan peningkatan kesadaran lingkungan.

BAB V: PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DALAM PENGELOLAAN AIR

Pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan air merupakan aspek fundamental dalam mewujudkan ketahanan air yang berkelanjutan di era perubahan iklim. Bab ini mengeksplorasi bagaimana peran aktif masyarakat menjadi kunci keberhasilan dalam manajemen sumber daya air, mulai dari perencanaan hingga implementasi dan evaluasi program. Melibatkan masyarakat tidak hanya menciptakan rasa kepemilikan terhadap sumber daya air tetapi juga memastikan keberlanjutan program-program pengelolaan air dalam jangka panjang.

Dalam konteks perubahan iklim yang semakin tidak terprediksi, pendekatan top-down dalam pengelolaan air telah terbukti memiliki berbagai keterbatasan. Kesenjangan antara kebijakan yang dirancang di tingkat atas dengan realitas dan kebutuhan di tingkat akar rumput seringkali menghambat efektivitas program pengelolaan air. Oleh karena itu, pemberdayaan masyarakat muncul sebagai pendekatan yang lebih adaptif dan responsif terhadap kondisi lokal.

Bab ini akan membahas secara mendalam berbagai aspek pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan air, dimulai dari pendekatan partisipatif yang menjadi landasan keterlibatan masyarakat. Selanjutnya, akan diuraikan Kearifan Lokal dan Pengetahuan Tradisional, Peran Gender dalam Pengelolaan Air, Penguatan Kapasitas Masyarakat. Pembahasan juga mencakup strategi untuk memastikan keberlanjutan program pemberdayaan.

Melalui berbagai studi kasus dan praktik terbaik yang dipaparkan dalam bab ini, pembaca akan memperoleh pemahaman komprehensif tentang bagaimana memberdayakan masyarakat secara efektif dalam pengelolaan sumber daya air. Fokus khusus diberikan pada bagaimana mengadaptasi pendekatan pemberdayaan dengan konteks lokal dan mengintegrasikannya dengan teknologi dan inovasi modern dalam pengelolaan air.

Pendekatan partisipatif dalam pengelolaan sumber daya air merupakan metodologi yang menempatkan masyarakat sebagai aktor utama dalam setiap tahapan pengelolaan, mulai dari identifikasi masalah hingga implementasi solusi. Pendekatan ini didasarkan pada prinsip bahwa masyarakat lokal memiliki pemahaman mendalam tentang kondisi dan kebutuhan mereka, serta memiliki kapasitas untuk berkontribusi secara aktif dalam pengelolaan sumber daya air di wilayah mereka.

Implementasi pendekatan partisipatif dimulai dengan proses pemetaan sosial dan identifikasi pemangku kepentingan yang melibatkan berbagai elemen masyarakat. Proses ini tidak hanya mengidentifikasi aktor-aktor kunci dalam komunitas tetapi juga memahami dinamika sosial, struktur kekuasaan, dan pola pengambilan keputusan yang ada. Pemahaman ini menjadi dasar untuk merancang strategi pelibatan yang inklusif dan efektif, memastikan bahwa suara dari semua kelompok masyarakat, termasuk kelompok marjinal dan rentan, dapat terdengar dan dipertimbangkan.

Dalam perencanaan program, pendekatan partisipatif menggunakan berbagai teknik dan metode yang memungkinkan masyarakat untuk mengekspresikan aspirasi dan kebutuhan mereka. Participatory Rural Appraisal (PRA) dan Focus Group Discussion (FGD) menjadi alat utama dalam mengidentifikasi permasalahan air di tingkat lokal, menganalisis penyebab masalah, dan merumuskan solusi potensial. Proses ini tidak hanya menghasilkan data yang kaya dan kontekstual tetapi juga membangun rasa kepemilikan masyarakat terhadap program yang akan diimplementasikan.

Pengambilan keputusan dalam pendekatan partisipatif dilakukan melalui proses musyawarah yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan. Forum-forum masyarakat dibentuk sebagai wadah dialog dan negosiasi, di mana berbagai kepentingan dan perspektif dapat didiskusikan secara terbuka. Proses ini membantu membangun konsensus dan memastikan bahwa keputusan yang diambil mencerminkan kepentingan kolektif masyarakat.

Dalam implementasi program, pendekatan partisipatif mendorong kontribusi masyarakat dalam berbagai bentuk, baik tenaga, pikiran, maupun sumber daya lokal. Sistem gotong royong tradisional seringkali menjadi basis untuk mobilisasi partisipasi masyarakat dalam pembangunan dan pemeliharaan infrastruktur air. Keterlibatan aktif masyarakat tidak hanya mengurangi biaya implementasi tetapi juga membangun kapasitas teknis dan organizational di tingkat lokal.

Monitoring dan evaluasi partisipatif menjadi komponen penting dalam memastikan akuntabilitas dan pembelajaran berkelanjutan. Masyarakat dilibatkan dalam mengembangkan indikator keberhasilan program, mengumpulkan data monitoring, dan mengevaluasi dampak program. Sistem monitoring berbasis masyarakat yang mengintegrasikan teknologi sederhana dengan pengetahuan lokal memungkinkan deteksi dini terhadap masalah dan memfasilitasi respons yang cepat dan tepat.

Penguatan kelembagaan lokal menjadi fokus utama dalam pendekatan partisipatif. Kelompok-kelompok pengguna air, komite pengelola air, dan organisasi masyarakat sipil diberdayakan untuk mengambil peran lebih besar dalam manajemen sumber daya air. Capacity building dilakukan secara berkelanjutan untuk meningkatkan kemampuan organisasi lokal dalam perencanaan, implementasi, dan monitoring program.

Integrasi pengetahuan lokal dengan teknologi modern menjadi karakteristik penting dalam pendekatan partisipatif kontemporer. Kearifan lokal dalam pengelolaan air diakui dan dihargai, sambil secara selektif mengadopsi inovasi teknologi yang sesuai dengan konteks dan kapasitas lokal. Pendekatan ini menciptakan sistem pengelolaan air yang menggabungkan keunggulan praktik tradisional dengan efisiensi teknologi modern.

Pendekatan partisipatif juga memperhatikan aspek gender dan inklusi sosial. Program-program dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan spesifik perempuan, anak-anak, lansia, dan kelompok rentan lainnya. Strategi khusus

dikembangkan untuk memastikan partisipasi aktif kelompok-kelompok ini dalam pengambilan keputusan dan implementasi program.

Pada fase perubahan iklim, pendekatan partisipatif membantu membangun resiliensi masyarakat melalui peningkatan kapasitas adaptif. Pengetahuan lokal tentang pola cuaca dan strategi adaptasi tradisional diintegrasikan dengan informasi ilmiah tentang perubahan iklim untuk mengembangkan strategi adaptasi yang efektif dan kontekstual.

Tantangan dalam implementasi pendekatan partisipatif termasuk membangun kepercayaan masyarakat, mengatasi konflik kepentingan, dan memastikan keberlanjutan partisipasi dalam jangka panjang. Strategi yang efektif diperlukan untuk mengatasi tantangan ini, termasuk komunikasi yang transparan, manajemen konflik yang konstruktif, dan sistem insentif yang mendorong partisipasi berkelanjutan. Keberhasilan pendekatan partisipatif dalam pengelolaan air dapat dilihat dari berbagai indikator, termasuk tingkat partisipasi masyarakat, keberlanjutan program, dan dampak terhadap kondisi sumber daya air dan kesejahteraan masyarakat. Dokumentasi dan sharing pembelajaran dari berbagai pengalaman implementasi pendekatan partisipatif menjadi penting untuk replikasi dan scaling up program serupa di wilayah lain.

5.1 Kearifan Lokal dan Pengetahuan Tradisional

Kearifan lokal dan pengetahuan tradisional dalam pengelolaan air merupakan warisan budaya yang telah teruji oleh waktu dan memiliki relevansi signifikan dalam menghadapi tantangan pengelolaan air kontemporer. Berbagai komunitas di Indonesia telah mengembangkan sistem pengetahuan yang kompleks tentang pengelolaan air yang diwariskan dari generasi ke generasi. Sistem pengetahuan ini tidak hanya mencakup aspek teknis pengelolaan air tetapi juga mengintegrasikan nilai-nilai sosial, spiritual, dan ekologis yang membentuk hubungan harmonis antara masyarakat dengan sumber daya air mereka.

Di berbagai wilayah Nusantara, praktik pengelolaan air tradisional telah berkembang sesuai dengan karakteristik geografis dan sosial budaya setempat. Sistem Subak di Bali merupakan contoh cemerlang bagaimana kearifan lokal mengintegrasikan pengelolaan air dengan sistem sosial, religius, dan pertanian. Subak tidak hanya mengatur distribusi air untuk irigasi tetapi juga menjaga keseimbangan ekologis dan harmoni sosial melalui ritual-ritual dan aturan adat yang mengikat. Filosofi Tri Hita Karana yang melandasi sistem Subak menekankan pentingnya keseimbangan antara manusia, alam, dan aspek spiritual dalam pengelolaan sumber daya air.

Di Sulawesi, masyarakat tradisional mengenal konsep Mapalus yang menjadi basis bagi pengelolaan air secara komunal. Sistem ini mengedepankan gotong royong dan reciprocity dalam pembangunan dan pemeliharaan infrastruktur air. Pengetahuan lokal tentang tanda-tanda alam, pola cuaca, dan karakteristik sumber air menjadi panduan dalam menentukan waktu yang tepat untuk berbagai aktivitas

pengelolaan air. Kearifan ini telah membantu masyarakat beradaptasi dengan variabilitas iklim secara turun-temurun.

Masyarakat adat di berbagai pulau di Indonesia juga memiliki sistem zonasi tradisional dalam pengelolaan sumber daya air. Konsep hutan larangan atau hutan adat yang melindungi daerah tangkapan air merupakan manifestasi pemahaman mendalam tentang hubungan antara ekosistem hutan dengan ketersediaan air. Aturan adat yang melarang penebangan pohon di area tertentu dan mengatur pemanfaatan sumber air telah terbukti efektif dalam menjaga keberlanjutan sumber daya air.

Pengetahuan tradisional tentang teknik konservasi air juga memiliki nilai penting dalam konteks modern. Praktik pembuatan embung tradisional, sistem terasering, dan teknik pengalihan aliran air yang dikembangkan oleh berbagai komunitas menunjukkan pemahaman mendalam tentang hidrogeologi lokal. Teknik-teknik ini seringkali menggunakan material lokal dan teknologi tepat guna yang mudah dipelihara oleh masyarakat setempat.

Dalam aspek sosial, kearifan lokal menyediakan mekanisme resolusi konflik yang efektif dalam pengelolaan air. Sistem musyawarah adat dan peran tokoh-tokoh tradisional dalam mediasi sengketa air telah membantu menjaga kohesi sosial dan memastikan distribusi air yang adil. Nilai-nilai seperti kebersamaan, gotong royong, dan penghormatan terhadap alam menjadi landasan dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan air.

Pengetahuan tradisional juga mencakup sistem peringatan dini berbasis indikator alam. Masyarakat tradisional memiliki kemampuan membaca tanda-tanda alam seperti perilaku hewan, kondisi tumbuhan, dan formasi awan untuk memprediksi perubahan cuaca dan potensi bencana terkait air. Sistem indigenous early warning ini telah membantu komunitas dalam mengantisipasi dan beradaptasi terhadap perubahan kondisi hidrologis.

Dalam fase perubahan iklim, kearifan lokal menyediakan basis pengetahuan yang berharga untuk strategi adaptasi. Praktik-praktik tradisional dalam konservasi air dan manajemen risiko bencana seringkali menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap variabilitas iklim ekstrem. Integrasi pengetahuan tradisional dengan informasi ilmiah modern dapat menghasilkan strategi adaptasi yang lebih efektif dan kontekstual.

Tantangan utama dalam pelestarian kearifan lokal adalah erosi pengetahuan tradisional akibat modernisasi dan perubahan sosial. Generasi muda seringkali kurang tertarik untuk mempelajari dan meneruskan praktik-praktik tradisional. Oleh karena itu, diperlukan upaya sistematis untuk mendokumentasikan dan mentransmisikan pengetahuan tradisional kepada generasi berikutnya.

Program revitalisasi kearifan lokal perlu mempertimbangkan dinamika sosial kontemporer. Pendekatan yang mengintegrasikan nilai-nilai tradisional dengan teknologi modern dapat meningkatkan relevansi dan daya tarik praktik pengelolaan air tradisional bagi generasi muda. Penggunaan media digital dan platform pembelajaran interaktif dapat membantu dalam proses dokumentasi dan transmisi pengetahuan tradisional.

Pengakuan formal terhadap sistem pengetahuan tradisional dalam kebijakan pengelolaan air juga penting untuk keberlanjutannya. Integrasi kearifan lokal ke dalam perencanaan dan implementasi program pengelolaan air dapat memperkuat efektivitas program sekaligus melindungi hak-hak masyarakat adat atas sumber daya air mereka. Hal ini sejalan dengan prinsip pengelolaan sumber daya air berbasis masyarakat yang mengakui peran sentral komunitas lokal.

Pembelajaran dari berbagai praktik kearifan lokal menunjukkan bahwa pengetahuan tradisional memiliki prinsip-prinsip universal yang dapat diadaptasi untuk konteks modern. Nilai-nilai seperti keberlanjutan, keseimbangan ekologis, dan keadilan sosial yang menjadi landasan praktik tradisional tetap relevan dalam menghadapi tantangan pengelolaan air kontemporer. Oleh karena itu, pelestarian dan revitalisasi kearifan lokal menjadi bagian integral dari strategi pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan sumber daya air.

5.2 Peran Gender dalam Pengelolaan Air

Air merupakan sumber daya vital yang mempengaruhi berbagai aspek kehidupan masyarakat, dan dalam pengelolaannya, dimensi gender memainkan peran yang sangat penting namun seringkali terabaikan. Di banyak masyarakat, terutama di negara berkembang, perempuan memiliki tanggung jawab utama dalam pengelolaan air untuk keperluan rumah tangga, pertanian skala kecil, dan sanitasi. Meski demikian, keterlibatan mereka dalam pengambilan keputusan terkait kebijakan dan manajemen sumber daya air masih sangat terbatas.

Dalam rumah tangga, perempuan umumnya bertanggung jawab untuk mengambil, menyimpan, dan mengelola air untuk kebutuhan memasak, mencuci, mandi, dan kebersihan. Di daerah-daerah yang mengalami kelangkaan air, perempuan dan anak perempuan sering menghabiskan waktu berjam-jam setiap hari untuk mengambil air dari sumber yang jauh. Hal ini tidak hanya mempengaruhi produktivitas mereka tetapi juga membatasi kesempatan untuk pendidikan dan kegiatan ekonomi lainnya. Selain itu, perempuan juga memiliki pengetahuan lokal yang berharga tentang sumber air, kualitas air, dan praktik pengelolaan air yang berkelanjutan yang telah diwariskan dari generasi ke generasi.

Dalam sektor pertanian, peran gender dalam pengelolaan air menjadi semakin kompleks. Meskipun perempuan seringkali terlibat dalam kegiatan pertanian yang membutuhkan air, seperti irigasi untuk tanaman pangan dan hortikultura, akses mereka terhadap teknologi irigasi, kredit, dan pelatihan teknis

masih terbatas. Ketimpangan gender dalam kepemilikan lahan dan aset produktif lainnya juga mempengaruhi kemampuan perempuan untuk berpartisipasi dalam pengambilan keputusan terkait manajemen irigasi dan distribusi air untuk pertanian.

Perubahan iklim telah memperburuk tantangan yang dihadapi dalam pengelolaan air, dan dampaknya seringkali dirasakan secara berbeda oleh laki-laki dan perempuan. Perempuan, terutama di komunitas pedesaan dan miskin perkotaan, cenderung lebih rentan terhadap dampak perubahan iklim karena keterbatasan akses terhadap sumber daya, informasi, dan pengambilan keputusan. Namun, pengalaman menunjukkan bahwa ketika perempuan diberdayakan dan dilibatkan dalam inisiatif adaptasi perubahan iklim terkait air, mereka dapat menjadi agen perubahan yang efektif dalam membangun ketahanan komunitas.

Untuk mengatasi kesenjangan gender dalam pengelolaan air, diperlukan pendekatan yang holistik dan transformatif. Pertama, penting untuk memastikan partisipasi yang setara antara laki-laki dan perempuan dalam proses pengambilan keputusan di semua tingkatan, mulai dari rumah tangga hingga kebijakan nasional. Ini termasuk meningkatkan representasi perempuan dalam komite pengelolaan air, organisasi petani pengguna air, dan lembaga pemerintah yang bertanggung jawab atas manajemen sumber daya air.

Kedua, program pengembangan kapasitas dan pelatihan teknis harus dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan dan kendala spesifik yang dihadapi perempuan. Ini mencakup penyediaan pelatihan pada waktu dan lokasi yang sesuai dengan jadwal perempuan, penggunaan metode pembelajaran yang partisipatif, dan integrasi pengetahuan lokal dengan teknologi modern. Pelatihan juga harus mencakup aspek kepemimpinan dan negosiasi untuk memberdayakan perempuan dalam forum pengambilan keputusan.

Ketiga, teknologi dan inovasi dalam pengelolaan air harus responsif gender dan mempertimbangkan kebutuhan spesifik perempuan. Misalnya, pengembangan sistem pengumpulan air hujan skala rumah tangga, teknologi irigasi hemat air, dan solusi sanitasi yang aman dan terjangkau dapat secara signifikan mengurangi beban kerja perempuan dan meningkatkan akses terhadap air bersih. Penting juga untuk memastikan bahwa perempuan memiliki akses terhadap informasi dan pelatihan tentang penggunaan dan pemeliharaan teknologi tersebut.

Keempat, kebijakan dan program pengelolaan air harus mengintegrasikan analisis gender dan mengalokasikan sumber daya yang memadai untuk mengatasi kesenjangan gender. Ini termasuk pengumpulan data terpilah gender, penetapan target yang spesifik untuk partisipasi perempuan, dan pemantauan dampak intervensi terhadap kesetaraan gender. Anggaran responsif gender juga penting untuk memastikan bahwa program dan proyek pengelolaan air memberikan manfaat yang setara bagi laki-laki dan perempuan.

Dalam adaptasi terhadap perubahan iklim, pemberdayaan perempuan dalam pengelolaan air menjadi semakin krusial. Perempuan sering memiliki pengetahuan dan pengalaman berharga dalam strategi adaptasi berbasis masyarakat, seperti teknik konservasi air tradisional, diversifikasi sumber air, dan praktik pertanian yang tahan iklim. Mengintegrasikan perspektif dan solusi yang diusulkan oleh perempuan dalam strategi adaptasi dapat meningkatkan efektivitas dan keberlanjutan intervensi pengelolaan air.

Contoh-contoh keberhasilan di berbagai negara menunjukkan bahwa ketika perempuan diberdayakan dalam pengelolaan air, dampak positifnya meluas ke berbagai aspek pembangunan masyarakat. Di India, kelompok perempuan yang terlibat dalam manajemen air komunitas telah berhasil meningkatkan akses terhadap air bersih, memperbaiki praktik sanitasi, dan mengembangkan usaha mikro berbasis air. Di Afrika, perempuan petani yang mendapat akses terhadap teknologi irigasi dan pelatihan telah mampu meningkatkan produktivitas pertanian dan pendapatan rumah tangga.

Namun, transformasi menuju pengelolaan air yang lebih setara gender membutuhkan komitmen jangka panjang dan dukungan dari berbagai pemangku kepentingan. Pemerintah perlu memperkuat kerangka kebijakan dan regulasi yang mendukung kesetaraan gender dalam sektor air. Organisasi masyarakat sipil dapat membantu memfasilitasi pemberdayaan perempuan dan membangun kapasitas komunitas. Sektor swasta juga dapat berkontribusi melalui pengembangan dan penyediaan teknologi yang responsif gender.

Kesimpulannya, peran gender dalam pengelolaan air merupakan aspek fundamental yang harus diintegrasikan dalam setiap upaya untuk mencapai pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dan berkeadilan. Pemberdayaan perempuan dan pencapaian kesetaraan gender dalam pengelolaan air tidak hanya merupakan tuntutan keadilan sosial, tetapi juga merupakan strategi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air, ketahanan terhadap perubahan iklim, dan kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan. Dengan memahami dan mengatasi dimensi gender dalam pengelolaan air, kita dapat membangun sistem pengelolaan air yang lebih inklusif, efektif, dan berkelanjutan untuk generasi sekarang dan masa depan.

5.3 Penguatan Kapasitas Masyarakat

Penguatan kapasitas masyarakat merupakan komponen krusial dalam mewujudkan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dan adaptif terhadap perubahan iklim. Proses ini melibatkan serangkaian upaya sistematis untuk meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan kemampuan masyarakat dalam mengelola sumber daya air secara efektif dan bertanggung jawab. Melalui penguatan kapasitas, masyarakat tidak hanya menjadi objek pembangunan tetapi bertransformasi menjadi subjek aktif yang mampu mengidentifikasi masalah,

merencanakan solusi, dan mengimplementasikan tindakan pengelolaan air secara mandiri.

Dalam perubahan iklim yang semakin mengancam ketersediaan dan kualitas air, penguatan kapasitas masyarakat menjadi semakin relevan. Masyarakat perlu dibekali dengan pemahaman komprehensif tentang dampak perubahan iklim terhadap sumber daya air di wilayah mereka, serta kemampuan untuk mengembangkan dan menerapkan strategi adaptasi yang sesuai dengan kondisi lokal. Hal ini mencakup pengetahuan tentang pola curah hujan, perubahan musim, risiko bencana hidrometeorologi, serta teknik-teknik konservasi dan penggunaan air yang efisien.

Program penguatan kapasitas harus dirancang dengan pendekatan partisipatif yang melibatkan seluruh komponen masyarakat. Identifikasi kebutuhan pelatihan dan pengembangan kapasitas sebaiknya dilakukan bersama masyarakat untuk memastikan relevansi dan efektivitas program. Materi dan metode pembelajaran juga perlu disesuaikan dengan konteks lokal, tingkat pendidikan, dan karakteristik sosial budaya masyarakat setempat. Penggunaan bahasa lokal dan contoh-contoh konkret dari pengalaman masyarakat dapat meningkatkan pemahaman dan penerimaan terhadap materi yang disampaikan.

Aspek teknis pengelolaan air merupakan salah satu fokus utama dalam penguatan kapasitas masyarakat. Ini mencakup pelatihan tentang teknik-teknik konservasi air, seperti pembuatan sumur resapan, biopori, dan sistem pemanenan air hujan. Masyarakat juga perlu dibekali dengan keterampilan dalam pengoperasian dan pemeliharaan infrastruktur air, seperti sistem penyediaan air minum, jaringan irigasi, dan fasilitas sanitasi. Pengetahuan tentang pemantauan kualitas air dan pengelolaan limbah juga penting untuk memastikan keberlanjutan sumber daya air.

Selain aspek teknis, penguatan kapasitas juga harus mencakup aspek kelembagaan dan manajerial. Masyarakat perlu memahami prinsip-prinsip tata kelola air yang baik, termasuk transparansi, akuntabilitas, dan partisipasi. Pembentukan dan penguatan kelembagaan lokal, seperti kelompok pengguna air atau komite pengelola air, merupakan langkah penting dalam membangun sistem pengelolaan air berbasis masyarakat yang efektif. Pelatihan dalam hal manajemen organisasi, pengelolaan keuangan, dan resolusi konflik dapat membantu memastikan keberlanjutan lembaga-lembaga tersebut.

Pengembangan kepemimpinan lokal menjadi komponen penting dalam penguatan kapasitas masyarakat. Para pemimpin lokal, baik formal maupun informal, perlu dibekali dengan kemampuan untuk memobilisasi masyarakat, memfasilitasi pengambilan keputusan partisipatif, dan menjalin kemitraan dengan pihak eksternal. Kepemimpinan yang kuat dan visioner dapat mendorong inovasi dalam pengelolaan air dan memastikan keberlanjutan program-program yang telah diinisiasi.

Penguatan kapasitas juga harus memperhatikan aspek keadilan sosial dan inklusivitas. Program-program pengembangan kapasitas harus dapat diakses oleh seluruh kelompok masyarakat, termasuk perempuan, masyarakat miskin, dan kelompok rentan lainnya. Pendekatan yang responsif gender perlu diterapkan untuk memastikan partisipasi aktif perempuan dalam pengelolaan air. Hal ini termasuk penyediaan pelatihan pada waktu dan lokasi yang sesuai dengan jadwal perempuan, serta pengembangan materi yang relevan dengan peran dan kebutuhan spesifik perempuan.

Dalam era digital, penguatan kapasitas masyarakat juga perlu memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi. Penggunaan media sosial, aplikasi mobile, dan platform pembelajaran daring dapat memperluas akses masyarakat terhadap informasi dan pengetahuan tentang pengelolaan air. Teknologi digital juga dapat memfasilitasi pertukaran pengalaman dan pembelajaran antar komunitas, serta memungkinkan pemantauan dan evaluasi program yang lebih efektif.

Kemitraan dengan berbagai pemangku kepentingan merupakan faktor kunci dalam penguatan kapasitas masyarakat. Pemerintah, lembaga penelitian, organisasi non-pemerintah, dan sektor swasta dapat berkontribusi melalui penyediaan dukungan teknis, pendanaan, dan fasilitasi akses terhadap teknologi dan inovasi. Kolaborasi multi-pihak juga penting untuk memastikan keberlanjutan program penguatan kapasitas dan menghindari tumpang tindih atau duplikasi program.

Monitoring dan evaluasi berkelanjutan perlu dilakukan untuk mengukur efektivitas program penguatan kapasitas dan mengidentifikasi area yang membutuhkan perbaikan. Indikator keberhasilan harus mencakup tidak hanya peningkatan pengetahuan dan keterampilan, tetapi juga perubahan perilaku dan dampak nyata terhadap pengelolaan air di tingkat masyarakat. Pembelajaran dari keberhasilan dan kegagalan program dapat digunakan untuk memperbaiki desain dan implementasi program di masa depan.

Pengalaman dari berbagai daerah menunjukkan bahwa penguatan kapasitas masyarakat yang efektif dapat menghasilkan dampak positif yang signifikan. Masyarakat yang telah menerima pelatihan dan pendampingan intensif menunjukkan peningkatan dalam hal efisiensi penggunaan air, pengelolaan infrastruktur air, dan kemampuan beradaptasi terhadap perubahan iklim. Keberhasilan ini sering ditandai dengan menurunnya konflik air, meningkatnya partisipasi masyarakat dalam pengambilan keputusan, dan berkembangnya inovasi lokal dalam pengelolaan air.

Kesimpulannya, penguatan kapasitas masyarakat merupakan investasi jangka panjang yang fundamental dalam mewujudkan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dan berkeadilan. Melalui pendekatan yang komprehensif, partisipatif, dan inklusif, penguatan kapasitas dapat membangun fondasi yang kuat bagi masyarakat untuk mengelola sumber daya air mereka secara mandiri dan adaptif. Keberhasilan program penguatan kapasitas tidak hanya diukur dari

peningkatan pengetahuan dan keterampilan, tetapi juga dari terwujudnya masyarakat yang berdaya dan tangguh dalam menghadapi tantangan pengelolaan air di era perubahan iklim.

BAB VI: STUDI KASUS PENGELOLAAN AIR BERBASIS MASYARAKAT: PENGALAMAN DESA PRAMPELAN

6.1 Profil dan Karakteristik Wilayah

Desa Prampelan merupakan salah satu desa yang terletak di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Provinsi Jawa Tengah. Desa ini memiliki karakteristik yang unik dari segi geografis karena masuk dalam daerah aliran sungai (DAS) Dolog dan dilalui oleh Sungai Tengah yang memberikan potensi sumber daya air yang cukup besar bagi masyarakat setempat. Keberadaan sungai ini menjadi urat nadi kehidupan masyarakat Desa Prampelan, baik untuk kebutuhan domestik maupun pertanian.

Secara administratif, Desa Prampelan terbagi menjadi 5 (lima) wilayah Rukun Warga (RW), dengan struktur organisasi yang teratur hingga tingkat RT. Pembagian wilayah administratif ini memudahkan dalam koordinasi dan pengelolaan berbagai program pembangunan desa, termasuk dalam hal pengelolaan sumber daya air. Setiap RW memiliki karakteristik dan tantangan yang berbeda dalam hal akses dan pengelolaan sumber daya air.

Dari segi demografis, penduduk Desa Prampelan mayoritas bermata pencaharian sebagai petani. Hal ini menjadikan ketersediaan air yang mencukupi menjadi faktor krusial bagi keberlangsungan ekonomi masyarakat. Pertanian menjadi sektor utama yang sangat bergantung pada ketersediaan air, baik yang bersumber dari Sungai Tengah maupun dari sumber air tanah yang tersebar di wilayah desa.

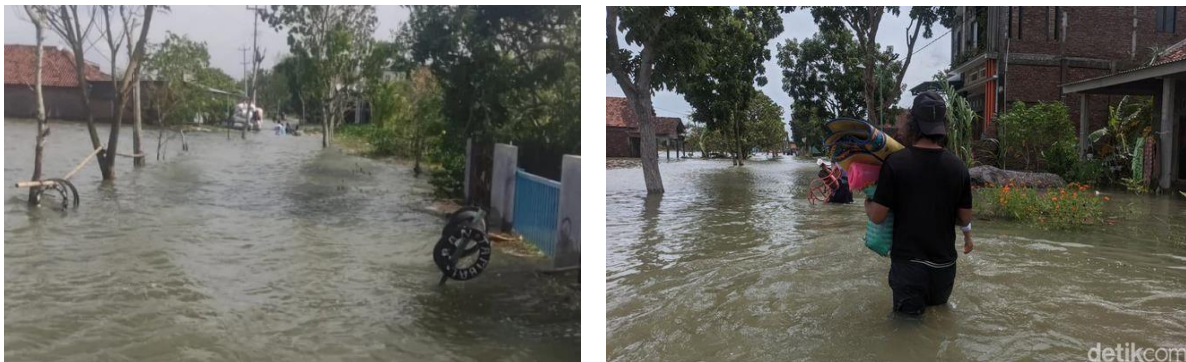
Sumber daya air di Desa Prampelan terdiri dari air permukaan dan air tanah. Air permukaan utamanya berasal dari Sungai Tengah yang melintasi desa, sementara sumber air tanah tersebar di beberapa titik yang dimanfaatkan masyarakat melalui sumur-sumur tradisional. Namun, kualitas dan kuantitas sumber air ini menghadapi berbagai tantangan. Di musim kemarau, beberapa sumur mengalami kekeringan, sementara di musim hujan kualitas airnya menurun dengan munculnya kekeruhan dan bau yang tidak sedap.



Gambar 6.1 Sumur warga yang tidak dipakai karena kualitas air dan kering

Permasalahan lingkungan menjadi salah satu tantangan serius di Desa Prampelan. Praktik pembuangan limbah rumah tangga dan pertanian ke sungai masih umum dilakukan oleh masyarakat, yang mengakibatkan pencemaran sumber air. Kondisi ini diperparah dengan minimnya infrastruktur pengolahan limbah yang memadai, sehingga masyarakat tidak memiliki alternatif pembuangan limbah yang lebih ramah lingkungan.

Dari aspek kebencanaan, Desa Prampelan menghadapi risiko banjir yang cukup tinggi, terutama di musim penghujan. Tercatat sekitar 4.000 warga pernah terdampak banjir, yang menunjukkan vulnerabilitas wilayah ini terhadap bencana hidrometeorologi. Kondisi ini semakin diperparah dengan dampak perubahan iklim yang menyebabkan pola curah hujan menjadi tidak menentu dan ekstrem.



Gambar 6.2. Banjir di desa Prampelan

Dari segi kelembagaan, Desa Prampelan memiliki organisasi PKK (Pemberdayaan dan Kesejahteraan Keluarga) yang cukup aktif dengan jumlah pengurus sekitar 35 orang. Para pengurus ini tersebar di tingkat desa dan RW, dengan struktur organisasi yang jelas meliputi ketua, sekretaris, bendahara, dan ketua-ketua pokja. PKK menjadi salah satu organisasi kunci dalam upaya pemberdayaan masyarakat, khususnya kaum perempuan, dalam berbagai aspek kehidupan termasuk pengelolaan sumber daya air.

Tabel 6.1. Struktur Pengurus PKK Desa Prampelan

No	Wilayah	Jumlah Pengurus	Struktur Kepengurusan
1	RW 1	6 orang	Ketua, Sekretaris, 4 Ketua Pokja
2	RW 2	6 orang	Ketua, Sekretaris, 4 Ketua Pokja
3	RW 3	6 orang	Ketua, Sekretaris, 4 Ketua Pokja
4	RW 4	6 orang	Ketua, Sekretaris, 4 Ketua Pokja
5	RW 5	6 orang	Ketua, Sekretaris, 4 Ketua Pokja
6	Desa	5 orang	Ketua, Sekretaris, Bendahara, 2 Pokja
Total		35 orang	

Infrastruktur air di Desa Prampelan masih memerlukan perhatian serius. Beberapa sumur warga sudah tidak dapat dimanfaatkan secara optimal karena mengalami kekeringan di musim kemarau dan kualitas air yang buruk di musim penghujan. Kondisi sungai juga mengkhawatirkan dengan tingginya tingkat pencemaran akibat pembuangan limbah dan sampah. Belum adanya sistem pengolahan limbah yang memadai menjadi salah satu faktor penyebab buruknya kualitas air di wilayah ini.

Dalam Aspek sosial budaya, masyarakat Desa Prampelan masih memiliki keterbatasan dalam hal kesadaran dan pengetahuan tentang pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan. Praktik-praktik tradisional dalam penggunaan air seringkali tidak memperhatikan aspek kelestarian lingkungan. Hal ini tercermin dari masih tingginya tingkat pemborosan air dalam kegiatan sehari-hari dan kurangnya upaya konservasi sumber air.

Potensi pengembangan Desa Prampelan dalam pengelolaan sumber daya air cukup besar, mengingat ketersediaan sumber daya air yang memadai dari Sungai Tengah dan sumber air tanah. Namun, diperlukan upaya serius dalam peningkatan kesadaran masyarakat, pengembangan infrastruktur, dan penguatan kelembagaan untuk mewujudkan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dan berkeadilan gender.

6.2 Tantangan dan Permasalahan Air

Pengelolaan sumber daya air di Desa Prampelan, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak menghadapi berbagai tantangan dan permasalahan yang kompleks. Permasalahan ini dapat dikategorikan menjadi dua aspek utama: peningkatan kesadaran dan partisipasi masyarakat, serta penguatan kapasitas kelembagaan dalam pengelolaan sumber daya air.

Dalam aspek kesadaran dan partisipasi masyarakat, salah satu tantangan utama adalah kurangnya kesadaran masyarakat, terutama kaum perempuan, tentang pentingnya pelestarian sumber daya air. Hal ini tercermin dari berbagai praktik yang kurang ramah lingkungan, seperti pembuangan limbah rumah tangga langsung ke sungai, penggunaan air yang tidak efisien, dan minimnya upaya konservasi sumber air. Praktik-praktik ini tidak hanya mencerminkan kurangnya pemahaman tentang dampak lingkungan, tetapi juga menunjukkan belum adanya kesadaran kolektif tentang pentingnya menjaga keberlanjutan sumber daya air untuk generasi mendatang.

Partisipasi perempuan dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan sumber daya air juga menjadi permasalahan serius. Meskipun perempuan merupakan pengguna utama air dalam kegiatan rumah tangga sehari-hari, keterlibatan mereka dalam proses pengambilan keputusan di tingkat desa masih sangat terbatas. Hal ini menciptakan kesenjangan antara kebutuhan nyata

pengguna air dan kebijakan yang diambil, karena suara dan perspektif perempuan sebagai pengguna utama tidak terakomodasi dengan baik dalam proses pengambilan keputusan.

Pengetahuan dan keterampilan masyarakat dalam praktik pengelolaan sumber daya air yang ramah lingkungan juga masih minim. Hal ini terlihat dari masih tingginya penggunaan deterjen dan bahan pembersih rumah tangga yang tidak ramah lingkungan, belum optimalnya pemanfaatan ulang air limbah rumah tangga, serta rendahnya perilaku penghematan air dalam kegiatan sehari-hari. Masyarakat juga masih kurang terampil dalam memilih produk-produk yang ramah lingkungan, yang berkontribusi pada peningkatan beban pencemaran air.

Tantangan lain yang tidak kalah penting adalah kurangnya pemahaman masyarakat tentang dampak perubahan iklim terhadap sumber daya air dan strategi adaptasi yang diperlukan. Dalam konteks perubahan iklim global yang semakin nyata, pemahaman ini menjadi krusial untuk mempersiapkan masyarakat menghadapi berbagai perubahan pola cuaca dan dampaknya terhadap ketersediaan air.

Dari sisi kelembagaan, terdapat beberapa permasalahan mendasar yang perlu ditangani. Pertama, kebijakan dan regulasi terkait pengelolaan sumber daya air belum memadai atau kurang diimplementasikan secara efektif. Hal ini diperparah dengan rendahnya pemahaman masyarakat tentang peraturan dan kebijakan yang ada, sehingga implementasi di lapangan menjadi tidak optimal.

Tata kelola pengelolaan sumber daya air juga masih lemah, ditandai dengan minimnya keterlibatan masyarakat, terutama perempuan, dalam proses pengambilan keputusan. Koordinasi dan sinergi antara lembaga pemerintah, organisasi masyarakat, dan pemangku kepentingan lainnya juga belum berjalan dengan baik, menciptakan tumpang tindih program dan inefisiensi dalam penggunaan sumber daya.

Kapasitas dan sumber daya manusia yang memadai untuk mengelola sumber daya air secara berkelanjutan juga masih menjadi kendala. Rendahnya jumlah tenaga terampil dan profesional di bidang pengelolaan sumber daya air di tingkat desa, ditambah dengan belum adanya program pelatihan dan pengembangan kapasitas yang memadai, membuat pengelolaan sumber daya air tidak dapat berjalan secara optimal.

Untuk mengatasi berbagai permasalahan tersebut, diperlukan pendekatan yang komprehensif dan terintegrasi. Di sisi peningkatan kesadaran dan partisipasi masyarakat, perlu dilakukan sosialisasi dan penyuluhan yang intensif untuk meningkatkan pemahaman dan kesadaran masyarakat, khususnya perempuan, serta mendorong partisipasi aktif dalam kegiatan pelestarian dan pengelolaan sumber daya air. Program pelatihan keterampilan juga perlu diadakan untuk

meningkatkan kapasitas masyarakat dalam menerapkan praktik-praktik ramah lingkungan dan teknik pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan.

Pembentukan kelompok masyarakat dengan partisipasi aktif perempuan dalam pengambilan keputusan juga menjadi langkah penting untuk meningkatkan keterwakilan dan suara perempuan dalam pengelolaan sumber daya air. Workshop atau lokakarya tentang kesetaraan gender dalam pengelolaan sumber daya air perlu diadakan untuk menciptakan komitmen dan dukungan dalam mempromosikan kesetaraan gender.

Di sisi penguatan kapasitas kelembagaan, perlu dilakukan penilaian kapasitas kelembagaan yang komprehensif untuk mengidentifikasi kelemahan dan kesenjangan yang ada. Peningkatan kapasitas sumber daya manusia melalui berbagai program pelatihan dan pengembangan kompetensi, serta peningkatan jumlah staf perempuan di posisi pengambil keputusan, juga menjadi prioritas yang perlu ditangani.

Kemitraan dengan sektor swasta atau lembaga donor perlu dijalin untuk menyediakan sumber pendanaan alternatif dan mendukung pelaksanaan program secara efektif. Pelibatan masyarakat dan pemangku kepentingan dalam proses pengambilan keputusan juga perlu ditingkatkan untuk menciptakan proses yang lebih inklusif dan partisipatif.

Terakhir, sistem pemantauan dan evaluasi yang efektif perlu dikembangkan untuk menyediakan data terpilah gender yang akurat dan terpercaya, serta mengidentifikasi area-area yang memerlukan perbaikan dan peningkatan kapasitas kelembagaan secara berkelanjutan. Dengan pendekatan yang komprehensif dan inklusif ini, diharapkan pengelolaan sumber daya air di Desa Prampelan dapat menjadi lebih efektif dan berkelanjutan, dengan memastikan partisipasi aktif seluruh lapisan masyarakat, terutama kaum perempuan, dalam proses pengambilan keputusan dan implementasi program.

6.3 Program Inovasi Pengelolaan Air UNTAG Semarang

6.3.1 Strategi Implementasi Program

Strategi implementasi Program Inovasi Pengelolaan Air UNTAG Semarang dirancang secara komprehensif dengan mempertimbangkan dua aspek utama: peningkatan kesadaran dan partisipasi masyarakat, serta penguatan kapasitas kelembagaan. Berikut adalah penjelasan detail tentang strategi implementasi program tersebut:

1. Strategi Peningkatan Kesadaran dan Partisipasi Masyarakat

Program ini dimulai dengan implementasi kegiatan sosialisasi dan penyuluhan yang terstruktur. Strategi pelaksanaannya meliputi:

- a. Mengadakan sesi-sesi penyuluhan reguler tentang pentingnya pelestarian sumber daya air

- b. Memberikan pemahaman tentang dampak perubahan iklim terhadap ketersediaan air
- c. Mendemonstrasikan praktik-praktik pengelolaan air yang ramah lingkungan
- d. Menggunakan metode partisipatif untuk mendorong keterlibatan aktif masyarakat

Untuk pelatihan keterampilan, implementasinya mencakup:

- a. Pelatihan praktis tentang sistem daur ulang air limbah keluarga dan pembuatan alat daur ulang.
- b. Praktik langsung penerapan metode ramah lingkungan dalam pengelolaan air (Biopori)
- c. Penyusunan panduan pembuatan dan penanaman biopori serta pembuatan alat daur ulang.
- d. Workshop teknis tentang metode irigasi hemat air

Pembentukan kelompok masyarakat dilakukan dengan strategi:

- a. Mengidentifikasi tokoh-tokoh kunci di masyarakat
- b. Membentuk struktur organisasi yang inklusif gender
- c. Menetapkan mekanisme pengambilan keputusan yang partisipatif
- d. Memfasilitasi pertemuan rutin kelompok

Workshop dan lokakarya diimplementasikan melalui:

- a. Sesi-sesi interaktif tentang kesetaraan gender
- b. Diskusi kelompok tentang isu-isu pengelolaan air
- c. Pertukaran pengalaman dan pembelajaran antar peserta
- d. Penyusunan rencana aksi bersama

2. Strategi Penguatan Kapasitas Kelembagaan

Penilaian kapasitas kelembagaan dilaksanakan dengan:

- a. Melakukan audit kapasitas kelembagaan
- b. Menganalisis kesenjangan kompetensi
- c. Memetakan kebutuhan pengembangan
- d. Menyusun rekomendasi perbaikan

Peningkatan kapasitas SDM diimplementasikan melalui:

- a. Program pelatihan terstruktur untuk staf
- b. Mentoring dan pendampingan
- c. Rotasi posisi untuk pengembangan kompetensi
- d. Program pengembangan kepemimpinan untuk perempuan

Kemitraan publik-swasta dikembangkan dengan strategi:

- a. Identifikasi potential mitra strategis
- b. Penyusunan proposal kerjasama
- c. Negosiasi kesepakatan kemitraan
- d. Implementasi program bersama

Pelibatan masyarakat dan pemangku kepentingan dilakukan melalui:

- a. Forum konsultasi publik
- b. Mekanisme umpan balik reguler
- c. Keterlibatan dalam perencanaan program
- d. Partisipasi dalam pengambilan keputusan

Sistem pemantauan dan evaluasi diterapkan dengan:

- a. Pengembangan indikator kinerja berbasis gender
- b. Pengumpulan data terpilah gender secara reguler
- c. Analisis dampak program
- d. Penyusunan laporan evaluasi berkala

3. Strategi Keberlanjutan Program

Untuk memastikan keberlanjutan program, strategi yang diterapkan meliputi:

- a. Pengembangan sistem dokumentasi dan manajemen pengetahuan
- b. Pembentukan mekanisme transfer pengetahuan
- c. Penguatan kapasitas local champions
- d. Pengembangan sumber pendanaan alternatif

4. Timeline Implementasi

Program diimplementasikan dalam tahapan:

- a. Tahap Persiapan (1-2 bulan): penilaian awal, perencanaan detail
- b. Tahap Implementasi Awal (3-6 bulan): sosialisasi, pembentukan kelompok
- c. Tahap Pengembangan (6-12 bulan): pelatihan, penguatan kapasitas
- d. Tahap Konsolidasi (12-18 bulan): evaluasi, penyesuaian program
- e. Tahap Keberlanjutan (18-24 bulan): transfer kepemimpinan, exit strategy

5. Monitoring dan Evaluasi

Strategi monitoring dan evaluasi mencakup:

- a. Pengembangan instrumen monitoring berbasis gender
- b. Pelaksanaan evaluasi partisipatif reguler
- c. Dokumentasi pembelajaran dan praktik baik
- d. Penyesuaian program berdasarkan hasil evaluasi

6. Manajemen Risiko

Strategi manajemen risiko meliputi:

- a. Identifikasi potensi hambatan dan tantangan
- b. Pengembangan rencana mitigasi

- c. Pembentukan sistem peringatan dini
- d. Penyusunan rencana kontingensi

Melalui implementasi strategi yang komprehensif ini, Program Inovasi Pengelolaan Air UNTAG Semarang diharapkan dapat mencapai tujuannya dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan sumber daya air berbasis gender di Desa Prampelan. Keberhasilan program akan diukur melalui indikator-indikator yang telah ditetapkan, termasuk tingkat partisipasi masyarakat, perubahan perilaku, dan peningkatan kapasitas kelembagaan.

6.3.2 Pemberdayaan PKK dan Kelompok Perempuan

Pemberdayaan PKK dan kelompok perempuan merupakan komponen krusial dalam upaya pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan di Desa Prampelan, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. Program ini didasarkan pada pemahaman bahwa perempuan memiliki peran sentral dalam pengelolaan air di tingkat rumah tangga dan komunitas, namun seringkali kurang terwakili dalam proses pengambilan keputusan dan implementasi kebijakan terkait sumber daya air.

Dalam pengembangan kapasitas, program pemberdayaan ini fokus pada peningkatan pengetahuan dan keterampilan anggota PKK dan kelompok perempuan dalam berbagai aspek pengelolaan air. Melalui serangkaian pelatihan teknis, mereka dibekali dengan pemahaman tentang konservasi air, teknik pengelolaan air yang efisien, dan praktik-praktik ramah lingkungan dalam penggunaan air sehari-hari. Workshop kepemimpinan dan manajemen organisasi juga diberikan untuk memperkuat kemampuan mereka dalam mengelola program dan memimpin inisiatif berbasis komunitas.

Partisipasi aktif kelompok perempuan didorong melalui keterlibatan mereka dalam seluruh tahapan program, mulai dari perencanaan hingga evaluasi. Dalam proses pengambilan keputusan, suara dan perspektif perempuan diberi ruang yang setara, memastikan bahwa kebutuhan dan kepentingan mereka terakomodasi dalam setiap kebijakan dan program yang diimplementasikan. Kelompok perempuan juga dilibatkan secara aktif dalam perencanaan program, implementasi kegiatan, serta monitoring dan evaluasi untuk memastikan efektivitas dan keberlanjutan program.

Penguatan kelembagaan PKK dan kelompok perempuan dilakukan melalui perbaikan struktur organisasi dan sistem tata kelola. Hal ini mencakup pengembangan sistem administrasi yang lebih baik, penguatan mekanisme koordinasi internal dan eksternal, serta peningkatan kapasitas dalam mengelola sumber daya organisasi. Jaringan kerjasama dengan berbagai pemangku kepentingan juga diperkuat untuk membuka akses terhadap sumber daya dan dukungan yang lebih luas.

Aspek advokasi dan pengaruh menjadi fokus penting dalam pemberdayaan PKK dan kelompok perempuan. Mereka didorong dan difasilitasi untuk terlibat aktif dalam proses-proses kebijakan publik yang berkaitan dengan pengelolaan sumber daya air. Hal ini termasuk advokasi untuk alokasi sumber daya yang lebih adil, peningkatan representasi gender dalam posisi-posisi pengambilan keputusan, serta perlindungan hak dan kepentingan perempuan dalam akses dan kontrol terhadap sumber daya air.

Program pemberdayaan ini juga menekankan pentingnya membangun kesadaran gender di kalangan masyarakat luas. Melalui berbagai kegiatan sosialisasi dan kampanye, PKK dan kelompok perempuan berperan sebagai agen perubahan dalam mempromosikan kesetaraan gender dalam pengelolaan sumber daya air. Mereka juga berperan dalam mengedukasi masyarakat tentang pentingnya pelestarian sumber daya air dan praktik-praktik pengelolaan air yang berkelanjutan.

Untuk memastikan keberlanjutan program, pemberdayaan PKK dan kelompok perempuan dilengkapi dengan sistem pendampingan dan monitoring yang berkelanjutan. Para anggota kelompok didorong untuk saling berbagi pengetahuan dan pengalaman, membangun sistem dukungan sesama, serta mengembangkan inisiatif-inisiatif baru yang sesuai dengan kebutuhan dan konteks lokal.

Evaluasi regular dilakukan untuk mengukur efektivitas program pemberdayaan dan mengidentifikasi area-area yang membutuhkan perbaikan. Indikator keberhasilan mencakup tingkat partisipasi perempuan dalam pengambilan keputusan, peningkatan kapasitas organisasi, perubahan praktik pengelolaan air di tingkat rumah tangga, serta dampak program terhadap kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan.

Melalui pendekatan yang komprehensif dan berkelanjutan ini, pemberdayaan PKK dan kelompok perempuan diharapkan dapat berkontribusi signifikan dalam mewujudkan pengelolaan sumber daya air yang lebih efektif, adil, dan berkelanjutan di Desa Prampelan. Keberhasilan program ini tidak hanya akan berdampak pada peningkatan kualitas pengelolaan air, tetapi juga pada penguatan posisi dan peran perempuan dalam pembangunan masyarakat secara lebih luas.

6.3.3 Penerapan Teknologi Tepat Guna

Penerapan Teknologi Tepat Guna (TTG) dalam pengelolaan sumber daya air merupakan solusi strategis yang menggabungkan kearifan lokal dengan inovasi teknologi sederhana namun efektif. Program ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Desa Prampelan dalam mengelola sumber daya air secara berkelanjutan, dengan mempertimbangkan aspek kemudahan penggunaan, efisiensi biaya, dan kesesuaian dengan kondisi lokal.

Sistem Pengolahan Air menjadi komponen pertama dalam penerapan TTG. Program ini mengembangkan sistem penyaringan air sederhana yang dapat diimplementasikan di tingkat rumah tangga maupun komunitas. Teknologi yang diterapkan mencakup filter air berbahan lokal, sistem pengolahan air limbah skala rumah tangga, dan metode pemurnian air yang menggunakan kombinasi material alami dan komponen teknologi sederhana. Sistem ini dirancang agar mudah dioperasikan dan dirawat oleh masyarakat setempat.

Dalam aspek Konservasi Air, program TTG memperkenalkan beberapa inovasi yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan setempat. Sistem penampungan air hujan dirancang dengan mempertimbangkan pola curah hujan lokal dan kebutuhan penyimpanan air masyarakat. Pembuatan sumur resapan dan lubang biopori ditempatkan di lokasi-lokasi strategis untuk mengoptimalkan penyerapan air dan mencegah genangan. Teknologi ini juga membantu dalam menjaga ketersediaan air tanah dan mengurangi risiko banjir.

Sistem Daur Ulang Air menjadi fokus penting dalam implementasi TTG. Program ini mengembangkan sistem pengolahan grey water (air limbah domestik) yang dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan non-konsumsi seperti menyiram tanaman atau membersihkan halaman. Sistem irigasi hemat air diperkenalkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam pertanian skala kecil dan pekarangan. Teknologi pemanfaatan ulang air juga mencakup metode pengolahan sederhana yang memungkinkan air bekas pakai dapat digunakan kembali dengan aman.

Untuk memastikan efektivitas sistem yang diterapkan, program ini dilengkapi dengan Sistem Monitoring yang komprehensif. Alat pemantau kualitas air sederhana dikembangkan untuk memungkinkan masyarakat melakukan pengecekan rutin terhadap parameter dasar kualitas air. Sistem pengukuran debit air dirancang untuk membantu dalam manajemen distribusi air, sementara evaluasi sistem dilakukan secara berkala untuk mengidentifikasi area perbaikan dan pengembangan.

Aspek keberlanjutan menjadi pertimbangan utama dalam pengembangan TTG. Seluruh teknologi yang diterapkan dirancang dengan mempertimbangkan ketersediaan sumber daya lokal untuk pemeliharaan dan perbaikan. Material yang digunakan dipilih yang mudah diperoleh di sekitar lokasi, dan metode perawatan dirancang sesederhana mungkin agar dapat dilakukan oleh masyarakat secara mandiri.

Program TTG juga memperhatikan aspek pemberdayaan masyarakat melalui pelatihan dan pendampingan teknis. Masyarakat, terutama kelompok perempuan yang menjadi pengguna utama air dalam rumah tangga, dibekali dengan pengetahuan dan keterampilan untuk mengoperasikan dan merawat teknologi yang diterapkan. Hal ini mencakup pelatihan tentang cara kerja sistem, prosedur pemeliharaan rutin, dan penanganan masalah sederhana.

Untuk memastikan adopsi teknologi yang efektif, program ini menggunakan pendekatan partisipatif dalam seluruh tahapan implementasi. Masyarakat dilibatkan dalam proses identifikasi kebutuhan, pemilihan teknologi yang sesuai, dan pengembangan sistem pengelolaan. Pendekatan

ini membantu memastikan bahwa teknologi yang diterapkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan dan kapasitas masyarakat lokal.

Aspek ekonomi juga menjadi pertimbangan penting dalam pengembangan TTG. Biaya investasi dan operasional sistem dirancang seminimal mungkin untuk memastikan keterjangkauan bagi masyarakat. Program ini juga mengeksplorasi potensi pengembangan unit-unit usaha berbasis teknologi tepat guna yang dapat memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat.

Evaluasi dampak dilakukan secara berkala untuk mengukur efektivitas teknologi yang diterapkan. Indikator keberhasilan mencakup peningkatan efisiensi penggunaan air, perbaikan kualitas air, tingkat adopsi teknologi oleh masyarakat, serta dampak ekonomi dan sosial dari penerapan TTG. Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar untuk penyempurnaan dan pengembangan teknologi selanjutnya.

Melalui penerapan TTG yang komprehensif dan berkelanjutan ini, diharapkan masyarakat Desa Prampelan dapat mengelola sumber daya air mereka secara lebih efektif dan efisien. Program ini tidak hanya berkontribusi pada perbaikan akses dan kualitas air, tetapi juga pada peningkatan kapasitas masyarakat dalam mengelola sumber daya alam mereka secara berkelanjutan

6.3.4 Panduan Pelatihan Pembuatan Biopori dan Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga

1. Biopori

a. Pengertian dan Manfaat

Biopori adalah lubang resapan berbentuk vertikal yang dibuat untuk meningkatkan daya serap air ke dalam tanah. Manfaat biopori meliputi:

- 1) Mencegah genangan air dan banjir
- 2) Meningkatkan cadangan air tanah
- 3) Mengurangi beban sistem drainase
- 4) Mengubah sampah organik menjadi kompos

b. Alat dan Bahan

- 1) Pipa paralon atau bambu (diameter 10-30 cm, panjang 100 cm)
- 2) Sampah organik (daun kering, sisa sayuran, ranting kayu)
- 3) Pupuk kandang atau kompos (opsional)
- 4) Linggis, sekop, dan palu
- 5) Kain kasa atau jaring

c. Langkah-langkah Pembuatan

- 1) Pilih lokasi yang sering tergenang air
- 2) Gali lubang (diameter sesuai pipa, kedalaman 80-100 cm)

- 3) Isi setengah lubang dengan sampah organik
- 4) Masukkan pipa paralon/bambu ke dalam lubang
- 5) Tutup bagian atas pipa dengan kain kasa

d. Perawatan dan Pemeliharaan

- 1) Jarak antar lubang: 50-100 cm (lahan sempit) atau 1-5 meter (lahan luas)
- 2) Isi lubang dengan sampah organik secara berkala
- 3) Pastikan lubang tidak tertutup genangan air saat hujan

2. Sistem Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga

a. Pengertian dan Tujuan

Sistem ini dirancang untuk mengolah air limbah domestik agar aman dibuang ke lingkungan atau digunakan kembali.

b. Alat dan Bahan

- 1) Tong plastik besar (minimal 100 liter)
- 2) Pipa PVC atau selang fleksibel
- 3) Pasir, kerikil/batu koral, arang aktif/serbuk gergaji, ijuk
- 4) Semen, lem pipa
- 5) Gergaji, bor

c. Langkah-langkah Pembuatan

- 1) Bersihkan tong plastik
- 2) Buat lubang inlet di atas dan outlet di sisi tong
- 3) Lapsi dasar tong dengan ijuk
- 4) Tambahkan lapisan arang aktif (5-10 cm)
- 5) Tambahkan batu koral (10-15 cm)
- 6) Tambahkan pasir (10-15 cm)
- 7) Tutup bagian atas dengan kain kasa

d. Perawatan dan Pemeliharaan

- 1) Periksa dan bersihkan saringan secara berkala
- 2) Ganti material filter jika sudah jenuh
- 3) Pantau kualitas air keluaran

6.3.5 Penguatan Kelembagaan Lokal

Penguatan kelembagaan lokal di Desa Prampelan, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak dilaksanakan melalui pembentukan kelompok masyarakat pengelola sumber daya air pada tanggal 5 dan 6 Oktober 2024. Kegiatan ini merupakan bagian integral dari program pengabdian masyarakat yang berfokus pada pengelolaan sumber daya air berbasis gender. Inisiatif ini dirancang khusus untuk memastikan keterlibatan aktif perempuan dalam proses pengambilan keputusan terkait pengelolaan sumber daya air di tingkat lokal.

Program penguatan kelembagaan ini dilaksanakan selama dua hari dengan tiga agenda utama. Pertama, pembentukan struktur organisasi yang dipandu oleh fasilitator, dengan memastikan adanya keterwakilan perempuan dalam posisi-posisi strategis. Kedua, perumusan aturan dan mekanisme kerja kelompok yang menjamin suara perempuan dapat didengar dan dipertimbangkan dalam setiap pengambilan keputusan. Ketiga, penyusunan rencana kerja awal yang mengakomodasi kebutuhan dan perspektif perempuan dalam perencanaan program.

Tujuan akhir dari penguatan kelembagaan ini adalah membentuk kelompok masyarakat pengelola sumber daya air yang inklusif dan berkeadilan gender. Kelompok ini diharapkan dapat menjadi penggerak utama dalam menerapkan praktik-praktik pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan di Desa Prampelan, dengan tetap memperhatikan aspek kesetaraan partisipasi antara laki-laki dan perempuan dalam setiap prosesnya.

6.4 Hasil dan Dampak Program

Program pengabdian masyarakat di Desa Prampelan, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak telah menghasilkan sejumlah capaian signifikan melalui serangkaian kegiatan yang telah dilaksanakan. Dalam tahap persiapan, koordinasi dengan pemerintah desa menghasilkan dukungan penuh terhadap program, pembentukan tim pendamping dan tim evaluasi, serta tersusunnya jadwal tentatif kegiatan. Tim pendamping yang terbentuk terdiri dari empat orang yang berasal dari masyarakat lokal, memberikan jaminan keberlanjutan program melalui pendampingan langsung di tingkat desa.

Kegiatan sosialisasi dan penyuluhan yang dihadiri 27 dari 40 peserta undangan telah menunjukkan dampak positif yang terukur. Hasil evaluasi melalui pre-test dan post-test menunjukkan peningkatan pemahaman yang signifikan tentang pengelolaan sumber daya air, dengan mayoritas peserta mengalami peningkatan skor dari kategori menengah ke kategori tinggi (81-90 dan >90). Perubahan ini mengindikasikan efektivitas program dalam meningkatkan pengetahuan dan kesadaran masyarakat tentang penggunaan air, penyebab kelangkaan, dan upaya konservasi.

Program pelatihan keterampilan teknis telah menghasilkan implementasi nyata di lapangan, dengan terpasangnya 4 lubang biopori di lokasi strategis desa dan terbangunnya 1 unit sistem pengolahan air limbah rumah tangga percontohan di RT 4 RW 1. Keberhasilan ini tidak hanya berwujud infrastruktur fisik, tetapi juga tercermin dari meningkatnya pemahaman peserta yang mampu menjelaskan kembali prinsip kerja dan manfaat kedua teknologi tersebut.

Dalam aspek penguatan kelembagaan, meskipun pembentukan kelompok pengelola sumber daya air berbasis gender belum terealisasi sepenuhnya, telah tumbuh kesadaran dan kesediaan masyarakat untuk membentuk kelompok yang

inklusif. Penilaian kapasitas kelembagaan mengidentifikasi beberapa tantangan utama, termasuk ketidakseimbangan gender dalam posisi kepemimpinan, minimnya kebijakan yang mempertimbangkan perspektif gender, dan rendahnya partisipasi perempuan dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan air.

Program ini juga berhasil membangun jejaring kemitraan strategis, ditandai dengan terbentuknya kerjasama antara desa dengan Forum Koordinasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (FKPDAS) Provinsi Jawa Tengah untuk pendampingan jangka panjang. Keberhasilan ini memberikan fondasi kuat untuk keberlanjutan program dan pengembangan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dan responsif gender.

BAB VII. KEBERLANJUTAN DAN REPLIKASI

7.1 Model Keberlanjutan Program

Model keberlanjutan program pengelolaan sumber daya air berbasis gender di Desa Prampelan, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak dibangun melalui pendekatan kelembagaan yang terstruktur dan sistematis. Fondasi utama keberlanjutan program ini terletak pada pembentukan kelompok masyarakat pengelola sumber daya air yang mengintegrasikan partisipasi perempuan dalam setiap aspek pengambilan keputusan. Kelompok ini dirancang sebagai motor penggerak yang akan memastikan keberlangsungan program setelah masa pendampingan selesai.

Untuk menjamin keberlanjutan program, model yang dikembangkan bertumpu pada tiga pilar utama. Pertama, adanya struktur organisasi yang jelas dengan keterwakilan perempuan dalam posisi-posisi strategis, yang akan memastikan perspektif gender tetap menjadi pertimbangan utama dalam pengelolaan sumber daya air di masa mendatang. Kedua, tersedianya aturan dan mekanisme kerja yang telah disepakati bersama, yang menjamin suara perempuan akan terus didengar dan dipertimbangkan dalam setiap pengambilan keputusan. Ketiga, adanya rencana kerja yang disusun dengan mempertimbangkan kebutuhan dan perspektif perempuan, yang akan menjadi panduan operasional bagi keberlanjutan program.

Model keberlanjutan ini diharapkan dapat memastikan bahwa praktik-praktik pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dan berkeadilan gender akan terus berlanjut di Desa Prampelan, bahkan setelah program formal berakhir. Dengan membangun kapasitas kelembagaan lokal yang kuat dan inklusif, program ini didesain untuk dapat terus berkembang secara mandiri dan berkelanjutan, sambil tetap mempertahankan prinsip-prinsip kesetaraan gender dalam pengelolaan sumber daya air di tingkat desa.

Penguatan keberlanjutan program juga didukung melalui kerjasama strategis dengan Forum Koordinasi Pengelolaan DAS Dolog Provinsi Jawa Tengah. Kemitraan ini memberikan dukungan kelembagaan yang lebih kuat dan akses terhadap sumber daya serta pendampingan teknis yang berkelanjutan. Melalui forum ini, kelompok masyarakat pengelola sumber daya air di Desa Prampelan dapat terhubung dengan jaringan yang lebih luas dalam pengelolaan DAS, mendapatkan akses pada program-program pengembangan kapasitas, serta memperoleh dukungan teknis dan kebijakan dari tingkat provinsi.

7.2 Faktor Kunci Keberhasilan

Faktor kunci keberhasilan program peningkatan peran serta dalam pengelolaan sumber daya air berbasis gender di Desa Prampelan, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak dapat diidentifikasi dalam beberapa aspek krusial. Pertama, adanya komitmen kuat dalam memastikan keterlibatan aktif perempuan dalam struktur organisasi kelompok pengelola sumber daya air, khususnya dalam posisi-posisi strategis pengambilan keputusan. Hal ini menjadi landasan penting

untuk memastikan perspektif gender terintegrasi dalam setiap kebijakan dan program yang dijalankan.

Aspek kedua yang menjadi faktor kunci keberhasilan adalah adanya mekanisme yang jelas dan terstruktur dalam pembentukan kelembagaan lokal. Proses yang sistematis mulai dari pembentukan struktur organisasi, perumusan aturan dan mekanisme kerja, hingga penyusunan rencana kerja awal memberikan fondasi yang kuat bagi keberlanjutan program. Khususnya, mekanisme yang menjamin suara perempuan dapat didengar dan dipertimbangkan dalam setiap pengambilan keputusan menjadi elemen penting dalam mencapai tujuan program.

Faktor kunci ketiga adalah adanya dukungan dan keterlibatan aktif dari berbagai pemangku kepentingan, termasuk kerjasama dengan Forum Koordinasi Pengelolaan DAS Dolog Provinsi Jawa Tengah. Dukungan kelembagaan ini memberikan akses terhadap sumber daya, pendampingan teknis, dan jaringan yang lebih luas, yang sangat penting untuk keberlanjutan program. Selain itu, pendekatan partisipatif yang melibatkan seluruh elemen masyarakat dalam proses perencanaan dan pengambilan keputusan juga menjadi kunci keberhasilan program.

Faktor kunci keempat adalah adanya proses fasilitasi yang efektif dalam setiap tahapan program. Fasilitator berperan penting dalam memandu proses pembentukan kelompok, memastikan keterwakilan perempuan, dan membangun kapasitas kelompok dalam pengelolaan sumber daya air. Kemampuan fasilitator dalam memahami konteks lokal dan menerapkan pendekatan berbasis gender menjadi faktor penting dalam mencapai tujuan program.

Keberhasilan program ini juga sangat ditentukan oleh adanya rencana kerja yang realistis dan terukur, yang disusun dengan mempertimbangkan kebutuhan dan perspektif seluruh kelompok masyarakat, terutama perempuan. Rencana kerja yang baik menjadi panduan operasional yang jelas bagi kelompok dalam menjalankan program-program pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dan berkeadilan gender di Desa Prampelan.

7.3 Strategi Replikasi

Strategi replikasi program peningkatan peran serta dalam pengelolaan sumber daya air berbasis gender yang telah berhasil dilaksanakan di Desa Prampelan, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak dirancang secara sistematis dan komprehensif untuk dapat diterapkan di wilayah lain. Strategi ini dikembangkan dengan mempertimbangkan berbagai aspek penting yang telah terbukti menjadi kunci keberhasilan program di Desa Prampelan, sambil tetap memberikan ruang fleksibilitas untuk penyesuaian dengan konteks lokal di masing-masing wilayah target replikasi.

Langkah pertama dalam strategi replikasi adalah melakukan pemetaan dan analisis wilayah potensial untuk replikasi program. Proses ini mencakup identifikasi karakteristik wilayah, kondisi sosial-budaya masyarakat, tingkat partisipasi perempuan dalam pengambilan keputusan di tingkat lokal, serta kesiapan kelembagaan setempat. Analisis ini penting untuk memastikan bahwa program yang

akan direplikasi dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan konteks lokal, sehingga meningkatkan peluang keberhasilan implementasi program.

Langkah kedua adalah membangun kemitraan strategis dengan berbagai pemangku kepentingan di wilayah target replikasi. Kerjasama dengan Forum Koordinasi Pengelolaan DAS Dolog Provinsi Jawa Tengah menjadi pintu masuk utama dalam proses replikasi, mengingat forum ini memiliki jaringan yang luas dan pemahaman mendalam tentang kondisi pengelolaan sumber daya air di berbagai wilayah. Selain itu, pembangunan kemitraan juga dilakukan dengan pemerintah daerah, organisasi masyarakat sipil, dan kelompok-kelompok perempuan di tingkat lokal untuk memastikan dukungan yang berkelanjutan terhadap program.

Komponen penting ketiga dalam strategi replikasi adalah pengembangan modul dan panduan implementasi program yang terstandarisasi namun adaptif. Modul ini disusun berdasarkan pembelajaran dan praktik baik yang telah teruji di Desa Prampelan, mencakup aspek-aspek kunci seperti metodologi pembentukan kelompok, strategi integrasi perspektif gender, mekanisme pengambilan keputusan partisipatif, serta sistem monitoring dan evaluasi. Modul ini dirancang dengan prinsip adaptif untuk memungkinkan penyesuaian dengan kondisi dan kebutuhan spesifik di masing-masing wilayah replikasi.

Strategi keempat adalah pengembangan kapasitas fasilitator lokal yang akan memandu proses replikasi di wilayah target. Program pelatihan komprehensif dirancang untuk membekali fasilitator dengan pemahaman mendalam tentang pendekatan berbasis gender dalam pengelolaan sumber daya air, keterampilan fasilitasi partisipatif, serta kemampuan dalam membangun dan menguatkan kelembagaan lokal. Fasilitator lokal ini akan menjadi agen perubahan yang penting dalam memastikan keberhasilan replikasi program.

Kelima dari strategi replikasi adalah pembangunan sistem pendampingan dan monitoring yang efektif. Sistem ini mencakup mekanisme pendampingan berkala dari tim yang telah berhasil mengimplementasikan program di Desa Prampelan, serta sistem monitoring yang memungkinkan identifikasi dini tantangan dan kendala dalam proses replikasi. Pendampingan ini juga mencakup fasilitasi pembelajaran antar wilayah melalui kunjungan studi dan pertukaran pengalaman antara kelompok pengelola sumber daya air di berbagai lokasi.

Strategi keenam adalah membangun mekanisme dokumentasi dan berbagi pembelajaran yang sistematis. Setiap proses replikasi didokumentasikan secara detail, termasuk tantangan yang dihadapi, solusi yang dikembangkan, serta pembelajaran penting yang diperoleh. Dokumentasi ini menjadi bahan pembelajaran berharga untuk penyempurnaan strategi replikasi di masa mendatang, sekaligus menjadi referensi bagi wilayah lain yang berminat untuk mengadopsi program serupa.

Ketujuh dalam strategi replikasi adalah pengembangan sistem dukungan keberlanjutan program. Hal ini mencakup pembangunan jaringan antar kelompok pengelola sumber daya air di berbagai wilayah, pengembangan mekanisme akses terhadap sumber daya dan dukungan teknis, serta penguatan kapasitas kelembagaan lokal dalam mengelola program secara mandiri. Sistem dukungan ini

penting untuk memastikan bahwa program yang direplikasi dapat terus berkembang dan memberikan manfaat bagi masyarakat secara berkelanjutan.

7.4 Rekomendasi Kebijakan

Berdasarkan implementasi program peningkatan peran serta dalam pengelolaan sumber daya air berbasis gender di Desa Prampelan, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, beberapa rekomendasi kebijakan strategis dapat dirumuskan untuk mendukung keberlanjutan dan pengembangan program serupa di masa mendatang. Rekomendasi kebijakan ini disusun dengan mempertimbangkan berbagai aspek mulai dari tingkat desa hingga provinsi, serta mencakup dimensi kelembagaan, teknis, dan sosial dalam pengelolaan sumber daya air yang responsif gender.

Pada tingkat desa, direkomendasikan untuk menerbitkan Peraturan Desa yang secara khusus mengatur tentang pengelolaan sumber daya air berbasis gender. Peraturan ini harus mencakup ketentuan tentang kuota minimal keterlibatan perempuan dalam struktur kelembagaan pengelola sumber daya air, mekanisme pengambilan keputusan yang menjamin partisipasi aktif perempuan, serta alokasi anggaran desa untuk mendukung program-program pengelolaan sumber daya air yang responsif gender. Peraturan Desa ini akan memberikan landasan hukum yang kuat bagi implementasi program dan memastikan keberlanjutannya meskipun terjadi pergantian kepemimpinan di tingkat desa.

Di tingkat kecamatan, rekomendasi kebijakan diarahkan pada pembentukan forum koordinasi antar desa dalam pengelolaan sumber daya air berbasis gender. Kebijakan ini perlu didukung dengan pembentukan tim pendamping teknis di tingkat kecamatan yang bertugas memberikan bantuan teknis dan fasilitasi kepada kelompok-kelompok pengelola sumber daya air di tingkat desa. Forum koordinasi ini juga dapat berfungsi sebagai wadah berbagi pengalaman dan pembelajaran antar desa dalam mengimplementasikan program pengelolaan sumber daya air berbasis gender.

Untuk tingkat kabupaten, direkomendasikan pengembangan kebijakan yang lebih komprehensif melalui Peraturan Daerah tentang Pengelolaan Sumber Daya Air Berbasis Gender. Peraturan ini harus mencakup aspek-aspek seperti standarisasi kelembagaan pengelola sumber daya air di tingkat desa, mekanisme pendampingan dan pengembangan kapasitas, sistem monitoring dan evaluasi, serta skema pendanaan yang berkelanjutan. Penting juga untuk mengintegrasikan program pengelolaan sumber daya air berbasis gender ke dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kabupaten Demak.

Pada tingkat provinsi, rekomendasi kebijakan difokuskan pada penguatan peran Forum Koordinasi Pengelolaan DAS Dolog Provinsi Jawa Tengah dalam mendukung program-program pengelolaan sumber daya air berbasis gender. Hal ini dapat diwujudkan melalui kebijakan yang mendorong alokasi anggaran khusus untuk program-program berbasis gender, pengembangan sistem pendampingan teknis yang terstandarisasi, serta pembentukan unit khusus yang menangani isu gender dalam pengelolaan sumber daya air di tingkat provinsi.

Rekomendasi kebijakan juga mencakup aspek pengembangan kapasitas kelembagaan dan sumber daya manusia. Perlu ada kebijakan yang mengatur tentang standarisasi kurikulum pelatihan untuk fasilitator dan pengelola program, sistem sertifikasi kompetensi, serta mekanisme pengembangan profesional berkelanjutan bagi para pelaku program. Kebijakan ini harus didukung dengan alokasi anggaran yang memadai untuk implementasi program pengembangan kapasitas secara regular.

Dalam aspek pendanaan, direkomendasikan pengembangan kebijakan yang mendorong diversifikasi sumber pendanaan program. Hal ini dapat mencakup skema kerjasama dengan sektor swasta melalui program CSR, pengembangan mekanisme pendanaan berbasis masyarakat, serta integrasi program ke dalam skema pendanaan perubahan iklim. Kebijakan pendanaan ini harus disertai dengan mekanisme akuntabilitas dan transparansi yang jelas.

Untuk mendukung replikasi program, direkomendasikan pengembangan kebijakan yang mengatur tentang mekanisme transfer pengetahuan dan teknologi antar wilayah. Kebijakan ini harus mencakup standarisasi proses replikasi, sistem pendampingan, serta mekanisme monitoring dan evaluasi program replikasi. Penting juga untuk mengembangkan kebijakan insentif bagi daerah yang berhasil mengimplementasikan dan mereplikasi program dengan baik.

Aspek monitoring dan evaluasi juga memerlukan dukungan kebijakan yang kuat. Direkomendasikan pengembangan kebijakan yang mengatur tentang sistem monitoring dan evaluasi terstandar untuk program pengelolaan sumber daya air berbasis gender. Sistem ini harus mencakup indikator-indikator yang jelas untuk mengukur keberhasilan program, baik dari aspek teknis maupun sosial, termasuk indikator khusus terkait partisipasi dan pemberdayaan perempuan.

Rekomendasi kebijakan juga mencakup aspek penelitian dan pengembangan. Perlu ada kebijakan yang mendorong kerjasama dengan perguruan tinggi dan lembaga penelitian dalam melakukan kajian dan evaluasi program, pengembangan inovasi, serta dokumentasi pembelajaran. Hasil penelitian dan pengembangan ini dapat menjadi dasar untuk penyempurnaan kebijakan dan program di masa mendatang.

Terakhir, direkomendasikan pengembangan kebijakan yang mendorong integrasi program pengelolaan sumber daya air berbasis gender dengan program-program pembangunan lainnya, seperti program pengentasan kemiskinan, adaptasi perubahan iklim, dan pemberdayaan masyarakat. Integrasi ini penting untuk memastikan efektivitas dan efisiensi program, serta memberikan dampak yang lebih luas bagi masyarakat.

Implementasi rekomendasi kebijakan ini memerlukan komitmen kuat dari semua pemangku kepentingan, mulai dari pemerintah desa hingga provinsi. Proses pengembangan kebijakan harus dilakukan secara partisipatif dengan melibatkan semua pihak yang berkepentingan, termasuk kelompok perempuan dan masyarakat lokal. Monitoring dan evaluasi terhadap implementasi kebijakan juga perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan efektivitasnya dan melakukan penyesuaian yang diperlukan.

BAB VIII PENUTUP

8.1 Kesimpulan

Buku ini menyajikan kajian komprehensif tentang pengelolaan sumber daya air dengan mengintegrasikan aspek perubahan iklim, teknologi, dan pemberdayaan masyarakat. Dimulai dengan pembahasan tentang urgensi pengelolaan sumber daya air dalam konteks tantangan global dan lokal, buku ini menggarisbawahi pentingnya adaptasi terhadap perubahan iklim dalam pengelolaan air. Fondasi teoretis dibangun melalui pemaparan konsep dan prinsip-prinsip pengelolaan air berkelanjutan, yang diperkuat dengan pembahasan kerangka kebijakan dan regulasi serta pendekatan terpadu dalam pengelolaan air.

Pembahasan mendalam tentang perubahan iklim dan dampaknya terhadap sumber daya air menjadi bagian integral dari buku ini, mencakup analisis fenomena perubahan iklim global, pengaruhnya terhadap siklus hidrologi, serta proyeksi dan skenario masa depan. Aspek teknologi dan inovasi mendapat perhatian khusus melalui eksplorasi berbagai solusi modern, mulai dari teknologi konservasi air, sistem pengolahan air modern, hingga penerapan smart water management dan inovasi dalam daur ulang air.

Keunikan buku ini terletak pada penekanannya terhadap aspek sosial dalam pengelolaan air, khususnya melalui pemberdayaan masyarakat. Pendekatan partisipatif, integrasi kearifan lokal, pertimbangan aspek gender, dan penguatan kapasitas masyarakat dibahas secara menyeluruh. Hal ini dikonkretkan melalui studi kasus di Desa Prampelan, yang mendemonstrasikan implementasi program inovasi pengelolaan air oleh UNTAG Semarang. Program ini mencakup strategi implementasi yang komprehensif, melibatkan pemberdayaan PKK dan kelompok perempuan, penerapan teknologi tepat guna, serta penguatan kelembagaan lokal.

Buku ini juga memberikan perhatian khusus pada aspek keberlanjutan dan replikasi program, dengan mengidentifikasi faktor-faktor kunci keberhasilan dan menyusun strategi replikasi yang dapat diadaptasi di lokasi lain. Rekomendasi kebijakan yang diusulkan mencerminkan sintesis dari pembelajaran teoretis dan praktis yang diperoleh. Sebagai penutup, buku ini tidak hanya menyajikan kesimpulan dan rekomendasi, tetapi juga mengidentifikasi agenda penelitian masa depan, memberikan arah bagi pengembangan pengelolaan sumber daya air yang lebih baik.

Secara keseluruhan, buku ini menawarkan perspektif holistik dalam pengelolaan sumber daya air dengan mengintegrasikan aspek lingkungan, sosial, dan teknologi. Pendekatan yang digunakan menggabungkan teori dengan praktik, kebijakan dengan implementasi, serta pengetahuan modern dengan kearifan lokal. Studi kasus yang disajikan memberikan contoh konkret bagaimana konsep-konsep teoretis dapat diimplementasikan di lapangan, sementara pembahasan tentang keberlanjutan dan replikasi menjamin bahwa pembelajaran yang diperoleh dapat dimanfaatkan untuk pengembangan program serupa di masa depan.

8.2 Rekomendasi

Berdasarkan kajian menyeluruh tentang pengelolaan sumber daya air, terdapat beberapa rekomendasi kunci yang perlu dipertimbangkan untuk pengembangan dan implementasi program pengelolaan air yang berkelanjutan. Pertama, diperlukan penguatan kerangka kebijakan yang mengintegrasikan aspek perubahan iklim dalam perencanaan pengelolaan sumber daya air. Pemerintah pusat dan daerah perlu mengembangkan regulasi yang lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan iklim, dengan mempertimbangkan proyeksi dan skenario masa depan yang telah diidentifikasi dalam studi-studi ilmiah.

Dalam aspek teknologi, direkomendasikan untuk mengembangkan pendekatan hybrid yang mengkombinasikan teknologi modern dengan kearifan lokal. Implementasi smart water management perlu disesuaikan dengan konteks dan kapasitas lokal, dengan prioritas pada teknologi tepat guna yang mudah diadopsi dan dikelola oleh masyarakat. Program daur ulang air dan konservasi sumber daya air perlu diperkuat melalui insentif dan dukungan teknis yang memadai.

Pemberdayaan masyarakat harus menjadi komponen integral dalam setiap program pengelolaan air. Berdasarkan pengalaman di Desa Prampelan, direkomendasikan untuk mengadopsi pendekatan partisipatif yang melibatkan seluruh elemen masyarakat, dengan perhatian khusus pada peran perempuan dan kelompok marginal. Penguatan kapasitas masyarakat perlu dilakukan secara sistematis dan berkelanjutan, meliputi aspek teknis, manajerial, dan kelembagaan.

Untuk menjamin keberlanjutan program, diperlukan pengembangan model pendanaan yang inovatif yang menggabungkan sumber daya pemerintah, swasta, dan masyarakat. Skema pembiayaan mikro dan dana bergulir dapat dipertimbangkan untuk mendukung inisiatif pengelolaan air berbasis masyarakat. Penguatan kelembagaan lokal juga krusial, dengan fokus pada pengembangan kapasitas organisasi masyarakat dalam mengelola sistem dan infrastruktur air secara mandiri.

Dalam konteks replikasi program, direkomendasikan untuk mengembangkan panduan teknis yang komprehensif namun fleksibel, memungkinkan adaptasi terhadap kondisi lokal yang beragam. Dokumentasi pembelajaran dan praktik baik perlu dilakukan secara sistematis untuk memfasilitasi transfer pengetahuan antar wilayah. Pembentukan jaringan pembelajaran antar desa atau komunitas dapat mendukung proses replikasi dan adaptasi program.

Terakhir, monitoring dan evaluasi program perlu diperkuat dengan mengembangkan indikator kinerja yang mencakup aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi. Sistem pemantauan partisipatif yang melibatkan masyarakat dapat meningkatkan rasa kepemilikan dan mendukung keberlanjutan program. Data dan informasi yang dihasilkan dari proses monitoring harus digunakan untuk penyempurnaan program dan pengambilan keputusan berbasis bukti. Pengembangan platform berbagi pengetahuan dan pembelajaran antar pemangku

kepentingan juga direkomendasikan untuk mendukung perbaikan berkelanjutan dalam praktik pengelolaan sumber daya air.

8.3 Agenda Penelitian Masa Depan

Agenda penelitian masa depan perlu difokuskan pada beberapa area prioritas untuk memperkuat pemahaman dan praktik pengelolaan sumber daya air berkelanjutan. Pertama, diperlukan penelitian mendalam tentang dampak perubahan iklim terhadap ketersediaan dan kualitas air di tingkat lokal, dengan fokus pada pemodelan skenario yang lebih akurat untuk kondisi spesifik Indonesia. Studi longitudinal yang menganalisis perubahan pola curah hujan, debit air, dan kondisi akuifer lokal akan memberikan dasar yang kuat untuk perencanaan adaptasi jangka panjang.

Aspek teknologi, agenda penelitian perlu mencakup pengembangan dan evaluasi efektivitas teknologi tepat guna dalam pengelolaan air yang sesuai dengan kondisi sosial-ekonomi masyarakat pedesaan. Ini termasuk penelitian tentang optimalisasi sistem biopori, teknologi pemanenan air hujan, dan metode pengolahan air limbah skala rumah tangga yang efisien dan terjangkau. Pengembangan sistem smart water management yang dapat diintegrasikan dengan kearifan lokal juga menjadi prioritas penelitian yang penting.

Aspek sosial-ekonomi pengelolaan air memerlukan kajian lebih lanjut, terutama terkait model pemberdayaan masyarakat yang efektif dan berkelanjutan. Penelitian tentang faktor-faktor yang mempengaruhi partisipasi masyarakat, khususnya peran gender dan dinamika sosial dalam pengelolaan air, perlu diperdalam. Studi komparatif antardaerah dapat memberikan pemahaman lebih baik tentang bagaimana konteks budaya dan sosial mempengaruhi keberhasilan program pengelolaan air berbasis masyarakat.

Penelitian tentang aspek kelembagaan dan tata kelola air juga perlu diprioritaskan, termasuk evaluasi efektivitas berbagai model kelembagaan lokal dalam pengelolaan sumber daya air. Kajian tentang mekanisme koordinasi antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta dalam pengelolaan air terpadu perlu dilakukan untuk mengidentifikasi model kemitraan yang optimal.

Di bidang ekonomi, diperlukan penelitian tentang skema pembiayaan inovatif untuk program pengelolaan air, termasuk analisis kelayakan berbagai model bisnis sosial dan mekanisme insentif yang dapat mendukung keberlanjutan program. Studi tentang valuasi ekonomi jasa lingkungan terkait air dan pengembangan skema pembayaran jasa lingkungan juga penting untuk dilakukan.

Agenda penelitian juga perlu mencakup pengembangan metodologi dan indikator yang lebih komprehensif untuk monitoring dan evaluasi program pengelolaan air. Ini termasuk pengembangan sistem pengukuran dampak yang mengintegrasikan aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi, serta metodologi untuk menilai efektivitas transfer pengetahuan dan replikasi program.

Terakhir, penelitian interdisipliner yang mengintegrasikan ilmu alam, teknologi, dan ilmu sosial perlu diperkuat untuk memberikan pemahaman yang lebih holistik

tentang kompleksitas pengelolaan sumber daya air. Pengembangan basis data terpadu dan platform berbagi pengetahuan juga penting untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti dalam pengelolaan sumber daya air di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, D.M., et al. (2021). "Climate change impacts on water quality." *Environmental Science & Technology*, 55(2), 1422-1434
- Arif, S. (2018). Pengelolaan Air Tanah Berkelanjutan. *Jurnal Sumber Daya Air*, 14(2), 45-58.
- Asdak, C. (2015). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press.
- Asdak, C. (2018). *Kajian Lingkungan Hidup Strategis: Jalan Menuju Pembangunan Berkelanjutan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Asdak, C. (2020). *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Asdak, C., & Suprayogi, S. (2023). *Pengelolaan DAS Terpadu: Kebijakan dan Implementasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- BMKG. (2023). *Analisis Tren Perubahan Iklim dan Dampaknya di Indonesia: Laporan Tahunan 2023*. Jakarta: BMKG Press.
- Brown, C., et al. (2024). "Climate justice and water resources." *Environmental Research Letters*, 19(1), 014006.
- Chen, Z., et al. (2022). "Global groundwater depletion." *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(1), 40-54.
- Hadipuro, W. (2023). Evaluasi Kebijakan Perizinan Air. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 8(1), 112-127.
- Hardiyanto, R., et al. (2023). "Community-Based Climate Change Adaptation in Water Sector: Lessons from Indonesia." *Climate and Development*, 15(3), 234-251
- Hariato, A. (2020). *Hukum Sumber Daya Air Indonesia*. Jakarta: Rajawali Press.
- Hendradjaja, B. (2021). Perencanaan Partisipatif dalam Pengelolaan Air. *Jurnal Perencanaan Wilayah*, 9(3), 112-127.
- Hendradjaja, B., & Sutrisno, E. (2020). Tata Kelola Air di Indonesia. *Jurnal Pembangunan Wilayah*, 8(1), 34-49.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press.
- Kodoatie, R.J. (2019). *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu di Era Otonomi Daerah*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Kodoatie, R.J. (2021). *Tata Ruang Air Indonesia*. Jakarta: Penerbit Andi.
- Kodoatie, R.J., & Sjarief, R. (2020). *Tata Ruang Air*. Penerbit Andi, Yogyakarta.

- Kumar, R., et al. (2023). "Climate change impacts on watershed hydrology." *Hydrological Processes*, 37(3), e14538.
- Martinez-Austria, P.F., & Patiño-Gómez, C. (2018). "Adaptive water management strategies under climate change." *Water Resources Management*, 32(12), 4085-4101
- Maryono, A., & Santoso, E.B. (2023). Pengelolaan DAS Terpadu. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, 18(1), 45-60.
- Mulyana, R. (2021). Koordinasi Kelembagaan dalam IWRM. *Jurnal Administrasi Publik*, 11(2), 156-171.
- Mulyana, R. (2023). Desentralisasi Pengelolaan Sumber Daya Air. *Jurnal Administrasi Publik*, 11(1), 90-105.
- Pawitan, H. (2019). Perubahan Iklim dan Pengelolaan Sumber Daya Air. IPB Press.
- Maryono, A. (2016). Reformasi Pengelolaan Sumber Daya Air. Gadjah Mada University Press.
- Purnama, S. (2022). Data dan Informasi dalam Pengelolaan Air Terpadu. *Jurnal Hidrologi*, 14(2), 78-93.
- Purnama, S. (2022). Gender dan Kesetaraan dalam Akses Air Bersih. *Jurnal Studi Gender*, 15(2), 167-182.
- Purnama, S. (2023). Inovasi Pendanaan Pengelolaan Air. *Jurnal Ekonomi Lingkungan*, 16(2), 145-160.
- Pusat Penelitian Sumber Daya Air. (2023). Kajian Kelembagaan Pengelolaan Air di Indonesia. Bandung: PUSAIR.
- Rahayu, S., & Pranoto, S. (2022). Adaptasi Perubahan Iklim dalam Pengelolaan Air. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 12(1), 23-38.
- Rahayu, S., et al. (2020). Partisipasi Masyarakat dalam Pengelolaan Sumber Daya Air. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 45-58.
- Rahman, S., & Kusuma, A. (2022). "Women's Role in Water Conservation: Evidence from Indonesian Communities." *Gender and Development*, 30(2), 45-63.
- Rahmawati, D. (2023). Integrasi Pengetahuan Lokal dalam Pengelolaan Air. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15(1), 89-102.
- Rahmawati, R. (2021). Harmonisasi Kebijakan Pengelolaan Air. *Jurnal Hukum Lingkungan*, 14(2), 89-104.
- Rodriguez-Sanchez, J.P., et al. (2021). "Socio-economic implications of climate change impacts on water resources." *Sustainability*, 13(4), 1915.
- Santoso, B., & Purnomo, S. (2021). Dinamika Kebijakan Air di Indonesia. *Jurnal Kebijakan Publik*, 15(2), 78-93.
- Santoso, H. (2023). Inovasi Teknologi dalam Pengelolaan Air Berkelanjutan. *Jurnal Inovasi dan Teknologi*, 16(1), 45-60.
- Santoso, H., & Putri, R. (2024). "Institutional Framework for Sustainable Water Management in Climate Change Era." *Water Policy Journal*, 26(1), 78-95.

- Sarwono, E. (2021). Penguatan Kapasitas Kelembagaan Pengelolaan Air. *Jurnal Administrasi Publik*, 12(3), 67-82.
- Singh, A., & Thompson, J.R. (2020). "Groundwater dynamics under changing climate." *Groundwater*, 58(2), 227-242.
- Sudjarwadi. (2015). *Teknik Sumber Daya Air*. UGM Press. Hendradjaja, B. (2022). *Infrastruktur Air di Era Perubahan Iklim*. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 156-170.
- Suprayogi, I. (2017). Kelembagaan Pengelolaan Sumber Daya Air di Indonesia. *Jurnal Pengelolaan SDA*, 8(1), 12-25.
- Sutawan, N. (2014). *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Sutopo, M.F. (2017). Keadilan dalam Pengelolaan Sumber Daya Air. *Jurnal Kajian Lingkungan*, 12(3), 78-92.
- Sutrisno, B., & Rahmawati, D. (2022). Dimensi Pengelolaan Air Terpadu. *Jurnal Sumber Daya Air*, 13(2), 67-82.
- Sutrisno, et al. (2022). Regulasi Konservasi Air di Indonesia. *Jurnal Konservasi Sumber Daya Air*, 9(3), 167-182.
- Trinh, T., et al. (2023). "Climate Change Impacts on Water Resources in Southeast Asia: A Comprehensive Review." *Environmental Science & Policy*, 89, 123-145.
- Wang, Y., & Li, H. (2020). "Coastal groundwater systems under climate change." *Journal of Hydrology*, 583, 124561.
- Widodo, B. (2021). Pemberdayaan Masyarakat dalam Konservasi Air. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan*, 4(1), 12-25.
- Widodo, B., & Harianto, A. (2021). Pembiayaan Pengelolaan Sumber Daya Air. *Jurnal Keuangan Publik*, 12(1), 34-49.
- Widodo, B., et al. (2023). Koordinasi Pemangku Kepentingan dalam IWRM. *Jurnal Pengelolaan SDA*, 16(1), 34-49.
- Wijaya, A., Rahman, B., & Putra, S. (2021). "Integration of Local Knowledge and Technology in Water Resource Management." *Journal of Environmental Management*, 276, 111-283.
- Winarta, A. (2016). Kearifan Lokal dalam Pengelolaan Air. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, 9(2), 34-48.
- Wiryanto, D. (2022). Kelembagaan Pengelolaan Air di Indonesia. *Jurnal Administrasi Negara*, 10(1), 45-60.
- World Meteorological Organization. (2023). *State of the Global Climate 2022*. WMO-No. 1291. Geneva, Switzerland.
- World Resources Institute. (2024). *Global Water Risk Analysis 2024*. Washington DC: WRI Publications.
- Yulianti, N., & Pranoto, S. (2021). Efisiensi Penggunaan Air dalam Konteks Perubahan Iklim. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 7(2), 123-138.

- Yulianti, N., et al. (2023). Pengembangan Kapasitas untuk IWRM. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 15(3), 89-104.
- Zhang, X., et al. (2019). "Global precipitation patterns under climate change." *Nature Climate Change*, 9(1), 33-37

TENTANG PENULIS 1.

AUTHOR PROFIL :

Nama Penulis: Dr. Aris Toening Winarni. Msi



Ringkasan Profesional: Dr. Aris Toening W. adalah seorang dosen Program Magister Administrasi Publik pada Universitas 17 Agustus 1945 Semarang, adalah ahli kebijakan Publik dengan pengalaman lebih dari 30 tahun mendedikasikan kariernya untuk mengajar, penelitian dan pengembangan solusi inovatif dalam masalah administrasi public, birokrasi dan pembangunan.

Pendidikan:

- Gelar Doktor dalam Ilmu Administrasi Publik dari Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Gelar Magister dalam Ilmu Politik dari Universitas Gajahmada Yogyakarta.
- Gelas Sarjana dalam Ilmu Administrasi Negara dari Universitas 17 Agustus 1945 Semarang.

Pengalaman Menulis Buku:

- Tata Kelola Pemerintahan Yang Baik (Good Governance)
- Reformasi Birokrasi Dan Good Governance
- Model Strategi Pengembangan Pelelangan Ikan Berbasis Good Governance
- Bookchap Synergizing Bureaucratic Objectives: The Nexus Of Collaboration And Corporate Social Responsibility:” Synergizing Bureaucratic Objectives: The Nexus Of Collaboration And Corporate Social Responsibility”
- Bookchap Implementasi Kebijakan Publik (dari Hulu ke Hilir): ‘Implementasi Kebijakan Kerjasama Antar Daerah”

Kontak: Email: Toeningwinarniaris@gmail.com

TENTANG PENULIS 2

Nama : Drs. Harsoyo MSi



Ringkasan Profesional: Drs. Harsoyo adalah seorang dosen Program Studi Administrasi Publik pada Universitas 17 Agustus 1945 Semarang, Selama lebih tiga dekade, beliau mengabdikan diri untuk mengajar dan mengembangkan pemahaman mendalam tentang kompleksitas birokrasi dan pelayanan publik, beliau secara konsisten berkontribusi pada pemikiran kritis seputar perumusan, implementasi, dan evaluasi kebijakan publik.

Pendidikan:

- Gelas Sarjana dalam Ilmu Administrasi Negara dari Universitas 17 Agustus 1945 Semarang.
- Gelar Magister dalam Ilmu Politik dari Universitas Gajahmada Yogyakarta.

Penelitian

- Pemberdayaan dan Kemandirian Kesehatan Lanjut Usia
- Pemberdayaan Jaringan Perlindungan Perempuan dan Anak
- Evaluasi Kinerja Perlindungan Sosial Usia Lanjut
- Peningkatan Pelayanan Publik

Buku Referensi

PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR DI ERA PERUBAHAN IKLIM

Strategi Adaptasi dan Mitigasi Berbasis Masyarakat

Penulis:
**Aris Toening Winarni
Harsoyo**

Biografi Penulis



Dr. Aris Toening W. adalah seorang dosen Program Magister Administrasi Publik pada Universitas 17 Agustus 1945 Semarang, adalah ahli kebijakan Publik dengan pengalaman lebih dari 30 tahun mendedikasikan kariernya untuk mengajar, penelitian dan pengembangan solusi inovatif dalam masalah administrasi public, birokrasi dan pembangunan.



Drs. Harsoyo adalah seorang dosen Program Studi Administrasi Publik pada Universitas 17 Agustus 1945 Semarang, Selama lebih tiga dekade, beliau mengabdikan diri untuk mengajar dan mengembangkan pemahaman mendalam tentang kompleksitas birokrasi dan pelayanan publik, beliau secara konsisten berkontribusi pada pemikiran kritis seputar perumusan, implementasi, dan evaluasi kebijakan publik.



PENERBIT :
Yayasan Drestanta Pelita Indonesia
Jl. Kebon Rojo Selatan 1 No. 16,
Kebon Batur. Mranggen - Demak
Email. isbn@yayasandpi.or.id



Yayasan Drestanta Pelita Indonesia
No Anggota: No. 276/JTE/2023

ISBN 978-623-8676-70-5 (PDF)

