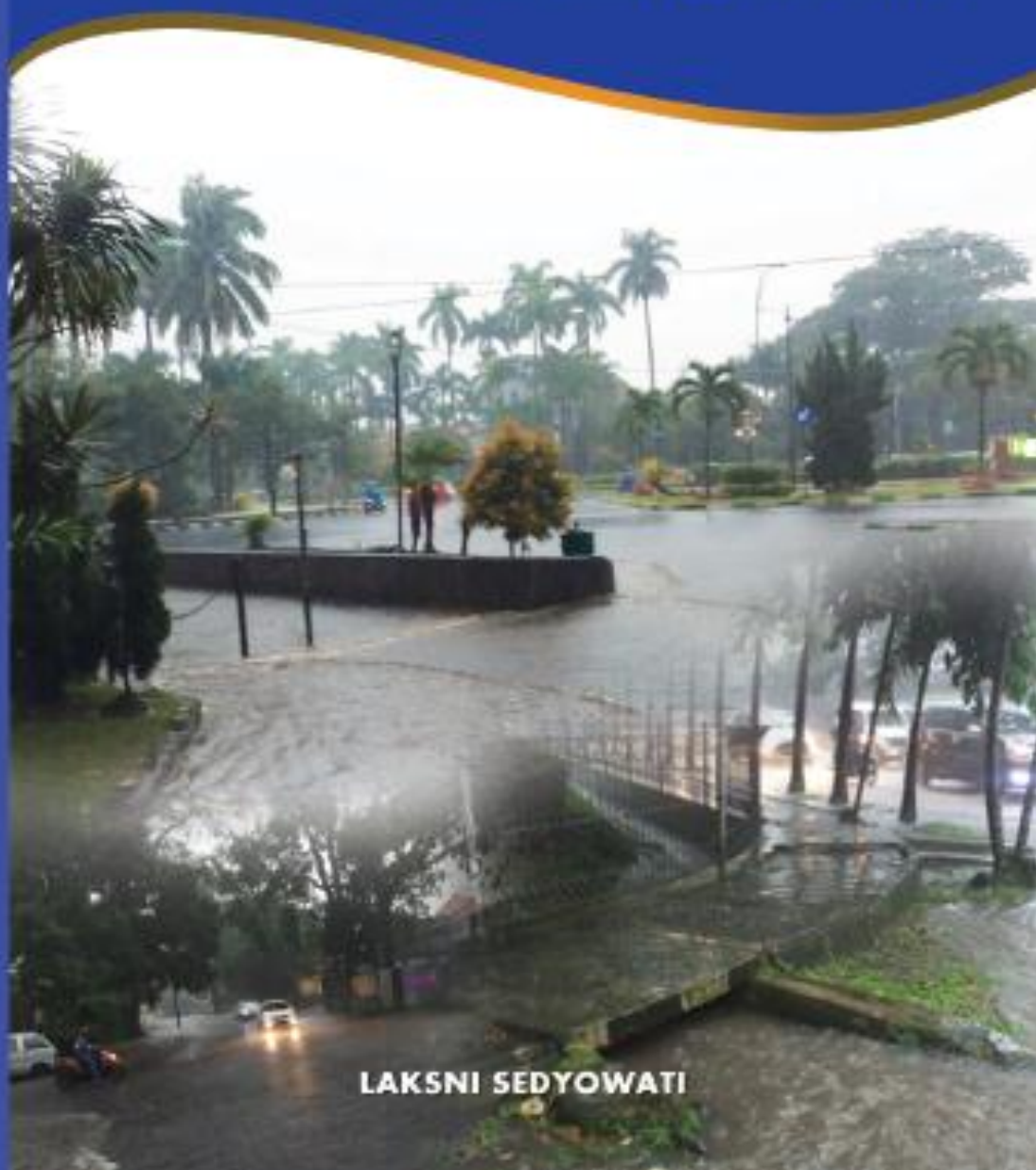


KOTA BEBAS BANJIR ?

ANTARA HARAPAN DAN KENYATAAN



LAKSNI SEDYOWATI

Kota Bebas Banjir?

Antara Harapan dan Kenyataan

Laksni Sedyowati



SELARAS

Kota Bebas Banjir? Antara Harapan dan Kenyataan

Penulis :

Laksni Sedyowati

Layout Isi dan Sampul : Tim Penerbit Selaras

Copyright 2021, Penerbit Selaras

Diterbitkan oleh :

Penerbit Selaras Media Kreasindo

Perum. Pesona Griya Asri A-11

Malang 65154

E-mail : selaras_mediakreasindo@yahoo.co.id

Anggota IKAPI

Hak Cipta dilindungi undang - undang

Jumlah : vi+221 Halaman

Ukuran: 15,5 x 23 cm

ISBN :978-602-6228-87-1

Cetakan 1, Agustus 2021

**Sanksi Pelanggaran Pasal 22
Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002
Tentang Hak Cipta**

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan buku dengan judul "**Kota Bebas Banjir? Antara Harapan dan Kenyataan**". Puja dan puji senantiasa penulis panjatkan tiada henti atas ridho Allah SWT, sehingga dapat menyelesaikan penulisan buku ini dengan lancar.

Buku ini berisi tentang permasalahan banjir dan genangan di kawasan perkotaan, metode pendekatan penyelesaian masalah yang digunakan, studi kasus penerapan model pengendalian berbasis masyarakat yang merupakan hasil penelitian dan pengabdian masyarakat yang dilaksanakan sejak Tahun 2018 sampai sekarang. Buku ini diharapkan dapat memberikan kontribusi maksimal terhadap upaya pengendalian genangan yang selalu terjadi pada setiap musim hujan. Kota bebas banjir dapat menjadi kenyataan, ataukah tetap sebatas harapan dan ilusi, dikupas secara lengkap dalam buku ini.

Atas terselesaikannya buku ini, penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah membantu dan ikut berperan aktif secara moril ataupun materiil, khususnya kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi sebagai penyandang dana penulisan buku ini melalui Program Hibah Penelitian Terapan (PT) Kompetitif Nasional Tahun 2019-2021, Bapak Dr. Ir. Bambang Nugroho, MT mantan Kepala Bidang Sumber Daya Air dan Drainase DPUPRKP Kota Malang yang telah menjadi mitra penulis dalam melakukan kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat di beberapa wilayah di Kota Malang sejak Tahun 2018-2020.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa buku ini masih jauh dari sempurna. Oleh karenanya penulis sangat mengharapkan masukan dan kritik dari seluruh pembaca demi peningkatan keilmuan penulis di bidang sumberdaya air.

Akhir kata, penulis menyampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya apabila dalam berkomunikasi, berinteraksi dan bekerjasama selama ini penulis melakukan kesalahan yang semata-mata karena ketidaksengajaan.

Malang, 17 Agustus 2021

Penulis,

Laksni Sedyowati

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
BABI Pendahuluan	1
A Permasalahan Air	2
B Dampak Banjir.....	8
C Perubahan Iklim dan Banjir	16
D Pembangunan dan Banjir	23
BAB 2 Permasalahan Genangan Perkotaan	32
A Konsep Banjir dan Genangan	32
B Genangan Perkotaan	37
C Rumusan Masalah	48
BAB 3 Metodologi Penyelesaian Masalah	50
A Kerangka Konseptual	50
B Alternatif Pendekatan Penyelesaian Masalah	64
1. Konsep <i>Low Impact Decelopment</i>	64
2. Konsep <i>Sustainable Urban Drainage Systems</i>	68
3. Konsep <i>Integrated Flood Management (IFM)</i>	71
4. Konsep dan Penelitian Terkait Genangan di Jalan.....	78
BAB 4 Pengelolaan Banjir Terpadu	84
A. Pendahuluan	88
B Banjir dan Proses Pembangunan	91
C. Pengelolaan Banjir Tradisional	94
D. Tantangan Pengelolaan Banjir	99
E. Konsep Pengelolaan Banjir Terpadu	107
F. Menempatkan Pengelolaan Banjir Terpadu dalam Praktik	126

Bab 5 Studi Kasus di Kota Malang: Pengendalian Banjir	
Berbasis Masyarakat	143
A. Rumusan Masalah	144
B. Inovasi Pemecahan Masalah	146
C. Kampung Telolet Om	147
D. Inovasi Pelayanan Publik Kampung Telolet Om	151
E. Pelaksanaan dan Penerapan	154
F. Banjir Kota Malang dan Solusinya (dalam Gambar)	180
Bab 6 Teknologi Adaptasi Perubahan Iklim Untuk	
Meningkatkan Ketahanan Sektor Air	179
A. Pendahuluan	179
B. Perlunya Pendekatan Terpadu Dalam Perencanaan Adaptasi Air	184
C. Teknologi Adaptasi Air	190
Bab 7. Kesimpulan	209
Daftar Pustaka	222
Daftar Riwayat Hidup Penulis	226

BAB 1

Pendahuluan

Manusia tidak dapat hidup jauh dari sungai. Fakta sejarah menunjukkan bahwa hampir seluruh kota besar baik di Indonesia maupun di luar negeri dilewati oleh sungai besar. Hal ini menunjukkan bahwa peradaban manusia berawal dari sungai yang selanjutnya berkembang menjadi kota. Namun, kehidupan dan pembangunan yang dilakukan di sekitar sungai rentan terhadap banjir khususnya pada musim penghujan. Pembangunan menyebabkan hujan yang jatuh tidak dapat berperilaku secara alami karena semakin meluasnya permukaan kedap air berupa bangunan, jalan, dan lain-lain. Perilaku yang tidak alami ini menyebabkan hujan mencari jalannya sendiri untuk melimpas sehingga terjadilah risiko banjir, khususnya pada kawasan-kawasan vital dan padat penduduk. Risiko banjir semakin tinggi seiring dengan semakin berkembangnya kawasan di sekitar sungai.

Perubahan penggunaan lahan, khususnya di perkotaan, berdampak pada terjadinya perubahan karakteristik hidrologi dan hidrometeorologi yang menyebabkan debit limpasan meningkat dengan waktu puncak semakin cepat. Kondisi ini diperburuk dengan adanya pemanasan bumi yang mengakibatkan terjadinya perubahan iklim. Perubahan iklim menyebabkan hujan turun dengan intensitas yang tinggi dan durasi yang singkat. Di sisi lain, pembangunan tidak mungkin dihentikan hanya untuk menjaga lingkungan dari segala dampak negatif pembangunan.

A. Permasalahan Air

Saat ini, hampir dua miliar orang tinggal di daerah yang berisiko mengalami kelangkaan air yang parah, sementara krisis air merupakan salah satu risiko terbesar bagi ekonomi global. Kita telah kehilangan 83% populasi spesies air tawar sejak tahun 1970 dan sepertiga dari sisa lahan basah kita – sistem pendukung kehidupan dunia. Dan perubahan iklim hanya akan memperburuk situasi karena dampaknya akan “paling cepat dan akut dirasakan melalui air”. Lebih dari sebelumnya, kita membutuhkan lingkungan air tawar yang sehat. Beberapa badan lingkungan dunia berusaha untuk melindungi dan menghidupkan kembali sungai dan lahan basah yang menopang kehidupan manusia dan alam. Dari Amazon hingga Zambezi, komunitas, mitra, perusahaan, dan pemerintah saling bekerjasama untuk melindungi spesies ikonik seperti sturgeon dan lumba-lumba sungai, memulihkan lahan basah dan menjaga sungai tetap mengalir, meningkatkan kawasan lindung, dan membangun ketahanan terhadap perubahan iklim. Namun, pada akhirnya, yang dibutuhkan adalah transformasi cara sungai diperlakukan, sehingga beragam manfaat yang diberikannya kepada manusia dan alam tidak lagi diabaikan dan diremehkan tetapi diperhitungkan oleh para pengambil keputusan [1].

Kekurangan air

Kekurangan air berdampak besar terhadap kesehatan manusia, pembangunan sosial ekonomi, dan lingkungan [2]:

1. Kelaparan, kemiskinan, dan pendidikan

Selain dehidrasi karena kekurangan air minum, rasa lapar adalah salah satu efek paling serius dari kelangkaan air.

Mengapa? Kekurangan air berdampak langsung pada keberlangsungan kehidupan tanaman dan ternak. Hal ini menyebabkan kekurangan pangan dan akhirnya kelaparan bagi manusia. Selain itu, karena kekurangan air, beberapa orang tidak dapat mandi, mencuci pakaian, atau membersihkan rumah dengan baik. Hal ini menyebabkan kebersihan diri dan lingkungan menjadi buruk, dan berpotensi berkembangnya berbagai penyakit. Di negara-negara miskin, beberapa anak tidak dapat pergi ke sekolah, karena mereka terlalu sakit atau mereka harus berjalan jauh untuk mencapai sumber air. Bahkan ketika mereka bisa hadir, banyak anak yang tidak bisa belajar karena kelelahan, tanggung jawab yang berat, dan kekhawatiran terhadap keluarga mereka.

2. Masalah sanitasi dan penyakit

Kelangkaan air menimbulkan masalah sanitasi yang menyebabkan orang terpaksa minum air yang tidak aman bagi kesehatan, juga tidak dapat memenuhi kebutuhan akan mandi cuci kakus dengan baik. Faktanya, ketika air langka, orang cenderung menyimpannya di rumah dengan cara yang tidak higienis, yang meningkatkan risiko kontaminasi air domestik dan menciptakan tempat berkembang biak bagi nyamuk, yang menularkan demam berdarah dan malaria. Kekurangan air menyebabkan penyakit lain seperti trachoma (infeksi mata yang dapat menyebabkan kebutaan), wabah, dan tifus.

3. Konflik

Akses terhadap air telah menjadi isu ekonomi global yang kuat yang dapat menjadi salah satu penyebab utama ketegangan internasional. Konflik lokal yang terkadang

mengakibatkan peperangan, dipicu karena sumber daya air yang langka. Dengan populasi global yang berkembang dan kebutuhan yang meningkat, ketegangan ini dapat berlipat ganda di masa depan.

4. Hilangnya keanekaragaman hayati

Kelangkaan air memiliki dampak negatif yang berbeda terhadap sungai, danau, dan sumber daya air tawar lainnya. Ini merusak lingkungan dalam beberapa cara termasuk peningkatan salinitas, polusi nutrisi, dan hilangnya dataran banjir dan lahan basah. Ekosistem dan keanekaragaman hayati (misalnya ikan air tawar) terancam oleh kelangkaan sumber daya air.

Banjir dan kekeringan

Saat ini, kekeringan dan banjir adalah hal yang umum dan keberadaan keduanya merupakan ancaman yang kuat, yang tidak dapat diberantas tetapi harus dikelola. Pemindahan kelebihan air monsun ke daerah-daerah yang kekurangan air merupakan kemungkinan yang potensial. Ini juga akan membantu menciptakan potensi irigasi tambahan, pembangkit listrik tenaga air, serta mengatasi ketidakseimbangan regional.

Berulangnya kekeringan dan kelaparan selama paruh kedua abad ke-19 mengharuskan pengembangan irigasi untuk memberikan perlindungan terhadap kegagalan panen dan untuk mengurangi pengeluaran skala besar untuk bantuan kelaparan.

1. Banjir

Banjir disebabkan oleh daya tampung bantaran sungai yang tidak memadai untuk menampung arus tinggi yang dibawa turun dari daerah tangkapan air hulu akibat curah

hujan yang tinggi. Banjir diperparah oleh erosi dan pendangkalan dasar sungai, yang mengakibatkan berkurangnya daya dukung alur sungai; gempa bumi dan tanah longsor yang menyebabkan perubahan aliran sungai dan hambatan aliran; sinkronisasi banjir di sungai utama dan anak sungai; keterbelakangan karena efek pasang surut; perambahan dataran banjir; dan pertumbuhan kawasan perkotaan yang serampangan dan tidak terencana.

Lebih penting daripada hilangnya nyawa dan kerusakan harta benda adalah rasa tidak aman dan ketakutan di benak orang-orang yang tinggal di dataran banjir. Dampak pasca banjir, seperti penderitaan para penyintas, penyebaran penyakit, tidak tersedianya bahan pokok dan obat-obatan, serta hilangnya tempat tinggal, menjadikan banjir sebagai bencana alam yang paling ditakuti umat manusia.

2. Kekeringan

Kekeringan adalah ciri alam yang berulang yang diakibatkan oleh kurangnya curah hujan selama periode waktu yang lama (misalnya satu musim atau beberapa tahun). Ini adalah penyimpangan sementara kondisi curah hujan dan kelembaban dari rata-rata, sehingga berbeda dari kegersangan dan kegersangan musiman. Ini adalah fenomena yang merayap dan, tidak seperti bahaya lainnya, dapat berlangsung selama berbulan-bulan dan, dalam kasus yang parah, bertahun-tahun. Kekeringan mempengaruhi hampir semua wilayah iklim dan lebih dari setengah dari Bumi rentan terhadap kekeringan setiap tahun. Daerah dengan variabilitas curah hujan dan limpasan yang lebih tinggi lebih rentan. Tergantung pada kemungkinan dampaknya, fenomena kekeringan dapat dikategorikan dalam beberapa cara, seperti meteorologi,

hidrologi, dan pertanian. Tingkat kekeringan spasial jauh lebih besar daripada bahaya lainnya dan tidak terbatas pada batas cekungan atau politik. Kekeringan yang berkepanjangan menyebabkan degradasi tanah, tanaman, dan habitat hewan dan gangguan sosial.

Kelangkaan Air

Kelangkaan air, baik yang berasal dari alam maupun yang berasal dari manusia, adalah kurangnya ketersediaan sumber daya air yang cukup untuk memenuhi kebutuhan di suatu wilayah. Air tidak terdistribusi secara merata dalam dimeensi ruang dan waktu, juga secara kualitas dan kuantitas. Sebagian besar air terbuang sia-sia, tercemar, dan tidak dikelola secara berkelanjutan. Tidak ada kelangkaan air global seperti itu, tetapi sejumlah tempat dan wilayah secara kronis kekurangan air karena penggunaannya di tingkat global telah meningkat lebih dari dua kali lebih cepat dari populasi selama abad terakhir. Tekanan terhadap sumber daya air semakin meningkat di beberapa belahan dunia, terutama di negara-negara dengan jumlah penduduk yang tinggi, antara lain di Cina, India, Pakistan, Timur Tengah, dan banyak negara dan kawasan Asia dan Afrika. Ada beberapa cara untuk menghemat air dan mencegah kelangkaan air:

1. Pengelolaan air yang berkelanjutan

Perbaikan infrastruktur air harus menjadi prioritas, karena konservasi dan efisiensi air merupakan komponen kunci dari pengelolaan air yang berkelanjutan. Desalinasi surya dan sistem irigasi cerdas adalah contoh yang bagus dari teknologi bersih untuk efisiensi dan kontrol air. Itu jelas

berlaku lebih untuk sektor pertanian dan pertanian - konsumen air terbesar.

2. Air yang direklamasi

Pemanenan hujan dan air limbah daur ulang juga memungkinkan untuk mengurangi kelangkaan dan mengurangi tekanan pada air tanah dan badan air alami lainnya. Pengisian ulang air tanah, yang memungkinkan air berpindah dari air permukaan ke air tanah, adalah proses yang terkenal untuk mencegah kelangkaan air.

B. Dampak Banjir

Diadopsi dari laman WHO [3], banjir merupakan jenis bencana alam yang paling sering terjadi dan terjadi ketika luapan air menenggelamkan tanah yang biasanya kering. Banjir sering disebabkan oleh hujan lebat, pencairan salju yang cepat atau gelombang badai dari siklon tropis atau tsunami di daerah pesisir.

Banjir dapat menyebabkan kehancuran yang meluas, mengakibatkan hilangnya nyawa dan kerusakan pada properti pribadi dan infrastruktur kesehatan masyarakat yang kritis. Antara 1998-2017, banjir mempengaruhi lebih dari 2 miliar orang di seluruh dunia. Orang yang tinggal di dataran banjir atau bangunan yang tidak tahan, atau tidak memiliki sistem peringatan dan kesadaran akan bahaya banjir, paling rentan terhadap banjir.

Risiko tenggelam berkontribusi terhadap kematian sebesar 75% dalam bencana banjir. Bencana banjir semakin sering terjadi dan tren ini diperkirakan akan terus berlanjut. Risiko tenggelam meningkat dengan banjir terutama di negara berpenghasilan rendah dan menengah di mana orang tinggal

di daerah rawan banjir dan kemampuan untuk memperingatkan, mengevakuasi, atau melindungi masyarakat dari banjir lemah atau hanya berkembang.

Kematian juga diakibatkan oleh trauma fisik, serangan jantung, sengatan listrik, keracunan karbon monoksida, atau kebakaran yang terkait dengan banjir. Seringkali, hanya kematian traumatis langsung akibat banjir yang dicatat. Banjir juga dapat memiliki dampak kesehatan jangka menengah dan panjang, termasuk:

- penyakit yang ditularkan melalui air dan vektor (*water-borne and vector-borne diseases*), seperti kolera, tipus atau malaria
- cedera, seperti laserasi atau tusukan dari evakuasi dan pembersihan bencana
- bahaya kimia
- efek kesehatan mental yang terkait dengan situasi darurat
- terganggunya sistem, fasilitas, dan layanan kesehatan, meninggalkan masyarakat tanpa akses ke perawatan kesehatan
- infrastruktur dasar yang rusak, seperti persediaan makanan dan air, dan tempat tinggal yang aman.

Dampak banjir diperkirakan akan meningkat karena penambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan perubahan iklim. Oleh karena itu, pemahaman karakteristik fisik dan spatiotemporal dari pemicu risiko (bahaya, paparan, dan kerentanan) diperlukan untuk mengembangkan langkah-langkah mitigasi banjir yang efektif.

Banjir memiliki konsekuensi positif dan negatif [4]

Banjir sangat penting bagi lingkungan alam. Banjir sangat penting untuk kesehatan vegetasi dataran banjir dan dapat bertindak sebagai pemicu perkecambahan tanaman baru. Sejumlah spesies burung dan ikan juga mengandalkan banjir untuk menyediakan kondisi perkembangbiakan yang sesuai. Untuk pertanian, banjir pada waktu yang tepat dapat membantu menyediakan irigasi untuk tanaman dan meningkatkan pertumbuhan padang rumput untuk memberi makan ternak. Meskipun demikian, ketika banjir berdampak pada lingkungan manusia, mereka berpotensi menyebabkan berbagai dampak negatif. Dampak banjir bervariasi tergantung pada:

- jenis banjir;
- lokasi;
- waktu;
- besarnya, dan;
- lamanya air banjir bertahan.

Banjir yang lebih besar di kota-kota berpenduduk padat, terutama yang terjadi dengan kurang adanya sistem peringatan banjir, kemungkinan besar akan menyebabkan dampak yang paling parah. Dampak juga berbeda tergantung pada kerentanan dan sifat masyarakat yang terkena dampak. Beberapa komunitas memiliki karakteristik yang membuat mereka lebih rentan, termasuk tingginya proporsi penduduk berusia lanjut dan komunitas dengan budaya dan bahasa yang beragam yang mungkin tidak memiliki pengetahuan lokal dan akses ke pesan tentang risiko banjir. Masyarakat yang lebih tangguh diberi tahu dan menyadari kemungkinan dampak

banjir di daerah mereka sebelum terjadi dan merencanakan serta bersiap untuk mengelola potensi dampak. Peringatan dan peringatan banjir sebelum dan selama banjir juga dapat membantu mengurangi dampak dengan memberi informasi kepada orang-orang dan menghindari bahaya saat banjir melanda.

Dampak Utama Banjir

Ketika air banjir menyebar, mereka dapat mengancam kehidupan, membanjiri properti dan bisnis, menghancurkan barang-barang, merusak infrastruktur vital, dan mencegah akses ke layanan publik yang penting. Seringkali dampak banjir bersifat jangka panjang dan bisa sangat mahal, mengganggu, dan menyusahkan bagi masyarakat yang terlibat. Ancaman banjir yang paling langsung adalah orang-orang yang terjebak dengan berjalan kaki atau bepergian dengan kendaraan di daerah yang terkena dampak. Orang-orang berisiko mengalami cedera serius atau fatal akibat air banjir, terutama air yang mengalir deras, dan penting untuk tidak pernah memasuki air banjir dengan berjalan kaki atau mencoba mengemudi di jalan yang banjir.

Salah satu dampak paling signifikan dari banjir adalah kerusakan, dan kehancuran, rumah dan barang-barang pribadi. Hal ini sering mengakibatkan kesedihan, stres, dan kesedihan karena kehilangan harta yang tak tergantikan dan ekuitas yang terbangun. Bagi sebagian orang, ada kesulitan jangka panjang tambahan untuk mengklaim asuransi dan menemukan sumber daya untuk memperbaiki, membangun kembali, atau pindah setelah banjir. Banjir sering mengakibatkan kerusakan infrastruktur. Ini dapat mencakup kerusakan pada layanan dan

infrastruktur penting seperti air limbah, listrik, saluran pembuangan, dan telekomunikasi. Gangguan dalam layanan ini dapat membuat rumah tidak dapat ditinggali dan bisnis tidak dapat bertahan dan tidak aman, memaksa orang untuk mengungsi, terkadang untuk waktu yang lama. Jalan, rel kereta api, jalur trem, dan layanan bus mungkin terpengaruh atau ditutup seluruhnya karena banjir serius, dan seringkali bagian jalan dan infrastruktur pendukung seperti lampu lalu lintas dan papan petunjuk dapat hanyut atau rusak. Perbaikan infrastruktur dapat berlangsung dalam jangka waktu yang lama, menyebabkan ketidaknyamanan dan biaya publik yang besar.

Demikian juga, bangunan yang memberikan layanan publik yang penting termasuk sekolah, rumah sakit, kantor pemerintah, fasilitas perawatan lanjut usia, dan pusat penitipan anak dapat terpengaruh oleh genangan atau isolasi, karena daerah sekitarnya terendam banjir. Layanan ini mungkin terbatas selama dan setelah banjir, yang dapat berdampak besar pada masyarakat yang bergantung padanya.

Dampak sekunder dari banjir dapat berupa pencemaran air banjir dengan bahan kimia dan limbah. Hal ini dapat menimbulkan ancaman bagi kesehatan manusia dan hewan dan dapat meningkatkan risiko tertular penyakit yang ditularkan melalui air. Di sektor pertanian, banjir dapat merusak tanaman, menunda panen, merusak produk, menghilangkan atau mencemari lapisan tanah atas yang berharga dan menyebabkan kematian ternak. Dampak ini dapat menyebabkan tekanan emosional yang besar dan kerugian finansial bagi petani. Bagi masyarakat umum, kekurangan pangan dan biaya produksi yang lebih tinggi dapat terjadi.

Terakhir, banjir dapat berdampak sosial pada masyarakat yang menyebabkan acara olahraga dan festival dibatalkan. Selain berdampak pada moral sosial, hal ini dapat berdampak praktis dalam mengurangi pariwisata dan pendapatan bagi daerah yang terkena dampak.

Diadopsi dari laman European Commission [5], selain kerusakan ekonomi dan sosial, banjir mungkin memiliki konsekuensi lingkungan yang parah seperti misalnya ketika instalasi pengolahan air limbah terendam atau ketika pabrik-pabrik yang menyimpan bahan kimia beracun dalam jumlah besar juga terpengaruh. Banjir juga dapat merusak area lahan basah dan mengurangi keanekaragaman hayati.

Banjir merupakan fenomena alam yang tidak dapat dicegah. Namun, aktivitas manusia berkontribusi pada peningkatan kemungkinan dan dampak buruk dari peristiwa banjir ekstrem. Pertama, skala dan frekuensi banjir cenderung meningkat karena perubahan iklim - yang akan membawa intensitas curah hujan yang lebih tinggi dan naiknya permukaan laut - serta pengelolaan sungai yang tidak tepat dan konstruksi di dataran banjir yang mengurangi kapasitasnya untuk menyerap air banjir. Kedua, jumlah penduduk dan aset ekonomi yang berada di zona rawan banjir terus bertambah.

Dampak potensial lebih lanjut dari perubahan iklim, dalam kombinasi dengan perubahan penggunaan lahan dan praktik pengelolaan air, adalah intensifikasi siklus hidrologi karena perubahan suhu, curah hujan, gletser, dan tutupan salju. Secara umum, aliran sungai tahunan meningkat di utara dan menurun di selatan, tren yang diproyeksikan meningkat dengan pemanasan global di masa depan. Perubahan besar dalam musim juga diproyeksikan, dengan aliran yang lebih

rendah di musim panas dan aliran yang lebih tinggi di musim dingin. Akibatnya, kekeringan dan cekaman air diperkirakan akan meningkat.

Dampak Banjir Dapat Mempengaruhi Komunitas Dalam Berbagai Cara [6]

Beberapa orang merasa benar-benar di luar kendali atas apa yang terjadi. Mereka sering merasa seolah-olah tidak ada yang tertarik atau mampu membantu mereka. Orang lain mungkin merasa terdorong untuk mengatasi masalah banjir mereka dan situasinya sering kali dapat membuat masyarakat lebih dekat.

Dalam beberapa kasus, banjir dapat menciptakan kemiskinan di rumah tangga berpenghasilan rendah. Itu bisa membuat hidup lebih genting bagi mereka yang rentan dan lanjut usia; memiliki efek psikologis pada anak-anak dan orang dewasa dan merupakan tekanan tambahan bagi orang-orang dengan hambatan bahasa. Dalam jangka panjang, mungkin ada persepsi bahwa tidak ada lembaga yang bekerja sama mencari solusi untuk mengurangi dampak banjir.

Penilaian dan Pengelolaan Dampak Banjir

Penilaian dampak banjir dan manajemen risiko diperlukan untuk membantu pembangunan yang memiliki saluran air yang melintasi atau terletak berdekatan dengan lokasi-lokasi tertentu. Hal ini dilakukan agar dapat diambil tindakan antisipasi untuk meminimalkan kerusakan situs dan kerugian. Biasanya, pemerintah daerah memberikan penentuan kebutuhan pengelolaan dan penilaian banjir berdasarkan kondisi lokasi berikut:

- Banjir kemungkinan akan berdampak signifikan pada lokasi berdasarkan model daerah tangkapan air yang ada, studi hidrologi, dan/atau karakteristik banjir yang diamati.
- Pengembangan yang diusulkan kemungkinan akan mengubah karakteristik saluran air yang ada, Misalnya perubahan kapasitas hidrolis, hambatan aliran, penataan kembali saluran air

Kontribusi Faktor Lokasi Terhadap Banjir

Untuk lokasi tertentu, berbagai unsur iklim dan jenis penggunaan lahan berinteraksi untuk menghasilkan hidrologi yang berbeda dari suatu daerah tangkapan. Selama peristiwa badai yang signifikan, air permukaan dapat berkumpul di titik-titik pengangkutan yang dapat dikenali (misalnya sungai, anak sungai, jalan raya), atau dapat mengalir dengan cara yang tidak terlihat selama peristiwa badai kecil (yaitu tepian sungai yang meluap, melebihi kapasitas drainase/lubang). Insinyur menilai pengembangan Anda untuk beberapa variabel situs dan daerah tangkapan termasuk:

- Karakteristik Iklim dan Curah Hujan Lokal
- Topografi
- Pengembangan / Penggunaan Lahan yang Ada dan yang Diusulkan
- Daerah Tangkapan Air, Tata Guna Lahan dan fitur-fitur Bangun
- Jenis Tanah dan Vegetasi yang Ada
- Ketinggian Air Hilir
- Jalur Aliran Tinggi dan Rendah
- Bentuk dan Kondisi Riparian
- Masalah Banjir Lokal dan Spesifik Situs

- Sistem Drainase Stormwater yang Ada dan yang Diusulkan
- Titik pembuangan air hujan dari lokasi

C. Perubahan Iklim dan Banjir

Banjir lebih mungkin terjadi karena pola cuaca yang lebih ekstrem yang disebabkan oleh perubahan iklim global jangka panjang. Perubahan tutupan lahan, seperti penghilangan vegetasi dan perubahan iklim meningkatkan risiko banjir. Banjir ekstrim dapat dipicu oleh curah hujan yang tinggi, durasi yang lebih lama, pengulangan curah hujan yang dekat atau kombinasi dari semuanya. Dalam kasus curah hujan yang intens, atas dasar ilmu fisika perubahan iklim menemukan bahwa ada keyakinan tinggi bahwa ini adalah tren yang meningkat di Eropa, terutama di Eropa. untuk banjir musim dingin. Meskipun sulit untuk membuat hubungan langsung antara peristiwa ekstrem individu dan perubahan iklim, namun perlu tindakan antisipasi untuk menghadapi peristiwa hidrometeorologi ekstrem yang lebih intens dan lebih sering karena perubahan iklim.

Kenaikan suhu global berdampak lebih banyak hujan

Dengan suhu yang lebih tinggi, kita memiliki lebih banyak energi dalam sistem Bumi. Air laut dan suhu udara yang lebih tinggi meningkatkan kemungkinan penguapan dan oleh karena itu pembentukan awan. Pada suhu yang lebih tinggi, udara dapat menahan lebih banyak kadar air. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan intensitas, durasi dan/atau frekuensi curah hujan.

Suhu meningkat lebih cepat di lintang yang lebih tinggi daripada di khatulistiwa. Ini menghasilkan gradien suhu yang lebih kecil antara garis lintang tengah dan suhu kutub, yang dapat mempengaruhi aliran jet. Untuk wilayah Atlantik Utara, penelitian menunjukkan potensi frekuensi yang lebih tinggi dari peristiwa hidrometeorologi ekstrem, seperti badai besar di musim dingin, atau kekeringan berkepanjangan di musim panas.

Suhu sedang meningkat

Suhu global kita di bulan Januari adalah rekor tertinggi yang pernah ada. Suhu rata-rata global sekarang $1,1^{\circ}\text{C}$ lebih tinggi dari awal abad lalu. Ruang Situasi Lingkungan Dunia UNEP mencakup informasi yang diperbarui secara berkala tentang anomali suhu global, dan ini menunjukkan bahwa Januari 2020 adalah Januari terpanas sejak pencatatan dimulai, naik menjadi $1,19^{\circ}\text{C}$ di atas tingkat pra-industri.

Apa yang bisa kita harapkan?

Banjir ekstrim akan terus terkonsentrasi di daerah dimana manusia mendirikan bangunan di dataran banjir atau daerah pesisir dataran rendah. Karena pemanasan global meningkatkan kemungkinan terjadinya peristiwa cuaca yang lebih ekstrem, risiko akan meluas melampaui area berisiko tinggi yang dikenal saat ini. Banjir yang lebih ekstrim harus diharapkan, dan untuk kota-kota di mana banjir telah terjadi, mereka tidak akan lagi menjadi risiko 'sekali seumur hidup' tetapi sekarang jauh lebih sering.

Kenyataannya adalah bahwa ini adalah dunia tempat kita hidup dengan pemanasan $1,1^{\circ}\text{C}$. Catatan suhu ini, rekor

banjir tidak anomali, itu adalah awal dari norma baru, dan rekor baru akan terus dilampaui, tahun demi tahun. Apa yang akan terjadi dalam beberapa dekade ketika kita mencapai 1,5°C? Ketika komunitas yang terkena dampak mengeringkan, mengeruk, mengeringkan dan menghitung biaya barang-barang yang hilang, rumah dan bisnis yang hancur, ketika orang-orang hidup dengan kelembapan yang tersisa, dan ketakutan baru akan badai di masa depan, tampaknya banyak yang harus dilakukan untuk mempersiapkan diri menghadapi tantangan kita. realitas masa depan.

Setiap orang, entitas pemerintah di semua tingkatan, bisnis, masyarakat sipil, individu, perlu bersiap menghadapi peristiwa cuaca yang lebih ekstrem karena iklim terus berubah dengan kecepatan yang meningkat. Ilmu iklim harus diperhitungkan secara serius dalam cara kita membangun, mengadaptasi, dan melindungi rumah, komunitas, bisnis, dan infrastruktur kita. Yang paling mendesak, emisi gas rumah kaca harus dikurangi, sehingga kenaikan suhu global dapat dikendalikan selagi masih memungkinkan. Solusi iklim berbasis alam, seperti reboisasi dan restorasi lahan harus dipertimbangkan, karena keduanya dapat mengurangi dampak peristiwa cuaca ekstrem dan menyerap CO₂.

Pemerintah, perusahaan, industri, dan masyarakat di negara-negara G20, yang bertanggung jawab atas 78 persen emisi, harus menetapkan target dan jadwal dekarbonisasi. Kita harus merangkul peluang sosial, ekonomi, dan politik yang luas untuk beralih ke dunia yang didukung oleh energi terbarukan dan penerapan banyak solusi netral karbon di seluruh masyarakat.

Menghubungkan perubahan iklim dengan banjir bisa menjadi upaya yang rumit. Tidak hanya banyak faktor yang berhubungan dengan cuaca dan manusia yang berperan dalam apakah banjir terjadi atau tidak, tetapi data yang terbatas tentang banjir di masa lalu membuat sulit untuk mengukurnya terhadap tren banjir yang dipicu oleh iklim saat ini. Namun, seperti yang dicatat oleh IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) dalam laporan khusus tentang ekstrem, semakin jelas bahwa perubahan iklim "telah terdeteksi mempengaruhi" beberapa variabel terkait air yang berkontribusi terhadap banjir, seperti curah hujan dan pencairan salju. Dengan kata lain, sementara pemanasan dunia kita mungkin tidak menyebabkan banjir secara langsung, hal itu memperburuk banyak faktor yang menyebabkannya.

Bagaimana Perubahan Iklim Menyebabkan Banjir?

Ini adalah beberapa cara utama perubahan iklim meningkatkan risiko banjir. Suasana yang lebih hangat menahan dan kemudian membuang lebih banyak air. Karena negara itu telah memanas rata-rata 1,8 derajat Fahrenheit sejak 1901, itu juga menjadi sekitar 4 persen lebih basah, dengan bagian timur Amerika Serikat tumbuh paling basah. Di Timur Laut, badai paling ekstrim menghasilkan sekitar 27 persen lebih banyak kelembaban daripada yang mereka lakukan seabad yang lalu. Pada dasarnya, karena pemanasan global, ketika hujan turun lebih banyak. Demikian temuan studi National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) yang meneliti rekor curah hujan yang mendarat di Louisiana pada 2016, menyebabkan banjir dahsyat. Studi tersebut menentukan bahwa hujan ini

setidaknya 40 persen lebih mungkin terjadi dan 10 persen lebih intens karena perubahan iklim.

Ke depan, peristiwa hujan lebat diproyeksikan meningkat (bersama dengan suhu) melalui abad ke-21, ke tingkat dari 50 persen hingga tiga kali rata-rata historis. Ini termasuk peristiwa cuaca ekstrem yang dikenal sebagai sungai atmosfer, arus udara yang dipenuhi air dari daerah tropis, yang menyumbang sebanyak 40 persen dari tumpukan salju khas dan curah hujan tahunan di sepanjang Pantai Barat. Para ahli memperkirakan hujan lebat akan meningkat sebesar 50 persen lebih banyak pada akhir abad ini.

Tentu saja, curah hujan yang lebih tinggi tidak secara otomatis menyebabkan banjir, tetapi meningkatkan potensinya. Dan bahkan curah hujan dalam jumlah sedang dapat menyebabkan kerusakan serius, terutama di tempat-tempat dimana banjir perkotaan sedang meningkat.

Sementara itu, di daerah dimana pencairan salju musiman memainkan peran penting dalam limpasan tahunan, suhu yang lebih panas dapat memicu lebih banyak peristiwa hujan di atas salju, dengan hujan hangat yang menyebabkan pencairan lebih cepat dan seringkali lebih awal. Fenomena ini terjadi di Amerika Serikat bagian barat, di mana, menurut IPCC, sungai-sungai yang mencairkan salju, setidaknya sejak 1950, telah mencapai puncak alirannya lebih awal di musim semi. Kombinasi hujan dan salju yang mencair dapat memperburuk banjir musim semi karena tanah musim dingin dan musim semi biasanya memiliki kelembapan tinggi dan sering kali masih beku, dan karenanya kurang mampu menyerap salju dan limpasan hujan. Daerah dengan rasio hujan-salju yang lebih

tinggi, seperti Barat Laut, diperkirakan akan mengalami aliran sungai yang lebih tinggi dan risiko banjir yang lebih tinggi.

Konsekuensi Banjir

Ketika banjir menggenangi sebuah rumah atau komunitas, menimbulkan serangkaian potensi konsekuensi jangka pendek dan jangka panjang bagi kehidupan. Yang paling jelas termasuk hilangnya nyawa dan kerusakan properti. Memperbaiki dan mengganti jalan, jembatan, utilitas, dan infrastruktur publik lainnya yang rusak akibat banjir menelan biaya yang relatif besar..

Antara tahun 2007 dan 2017, Program Asuransi Banjir membayar rata-rata \$2,9 miliar per tahun untuk menutupi kerugian yang terkait dengan banjir, dengan tahun-tahun tertentu seringkali menghabiskan biaya yang jauh lebih besar. Analisis NRDC menemukan bahwa dalam beberapa kasus, pemerintah akan menghemat uang untuk membeli properti yang rusak akibat banjir, menghancurkannya, dan tidak membangun kembali di atas tanah. Ini juga akan memungkinkan keluarga untuk pindah ke tempat yang lebih aman dan menghindari kesulitan banjir tambahan.

Banjir juga membawa pencemaran dan penyakit. Air banjir dapat membawa limbah mentah, bahan kimia beracun yang bocor, dan limpasan dari lokasi limbah berbahaya dan pabrik peternakan. Mereka dapat mencemari persediaan air minum dan menyebabkan infeksi mata, telinga, kulit, dan saluran cerna. Saat air banjir surut, bakteri dan jamur mungkin tetap ada, meningkatkan tingkat penyakit pernapasan, seperti asma. Banjir juga dapat berkontribusi pada masalah kesehatan mental, menyebabkan kerugian ekonomi (seperti dalam bentuk

kehilangan bisnis atau upah), dan memporakporandakan seluruh komunitas. Komunitas yang paling sering terdampak banjir adalah orang-orang berpenghasilan rendah, orang tua, dan komunitas minoritas yang menderita dampak terbesar. Populasi ini paling kecil kemungkinannya untuk memiliki asuransi banjir, akses transportasi selama evakuasi, uang tunai, atau kemampuan untuk pindah (nrdc.org).

D. Pembangunan dan Banjir

Diadopsi dari Konrad [7], perubahan penggunaan lahan yang terkait dengan pembangunan perkotaan mempengaruhi banjir dalam banyak hal. Menghilangkan vegetasi dan tanah, meratakan permukaan tanah, dan membangun jaringan drainase meningkatkan limpasan ke sungai dari curah hujan dan pencairan salju. Akibatnya, debit puncak, volume, dan frekuensi banjir meningkat di sungai-sungai terdekat. Perubahan saluran sungai selama pembangunan perkotaan dapat membatasi kapasitasnya untuk mengalirkan air banjir. Jalan dan bangunan yang dibangun di daerah rawan banjir terkena bahaya banjir yang meningkat, termasuk genangan dan erosi, seiring dengan berlanjutnya pembangunan baru. Bangunan, pengisi dengan tanah dan struktur lain yang ditempatkan di dalam dataran banjir dapat menghalangi aliran air banjir. Akhirnya, potensi kerusakan akibat banjir sangat meningkat ketika, karena kurangnya kesadaran atau mengabaikan potensi bahaya, pembangunan yang tidak sesuai terjadi di daerah yang sudah terkena banjir. Informasi tentang aliran sungai dan bagaimana hal itu dipengaruhi oleh penggunaan lahan dapat membantu masyarakat mengurangi kerentanan mereka saat ini dan di masa depan terhadap banjir.

Efek Hidrologis Dari Pembangunan Perkotaan

Aliran dialiri oleh limpasan dari curah hujan dan pencairan salju yang bergerak sebagai aliran darat atau bawah permukaan. Banjir terjadi ketika volume besar limpasan mengalir dengan cepat ke sungai dan sungai. Debit puncak banjir dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk intensitas dan durasi badai dan pencairan salju, topografi dan geologi daerah aliran sungai, vegetasi, dan kondisi hidrologi sebelum peristiwa badai dan pencairan salju.

Penggunaan lahan dan aktivitas manusia lainnya juga mempengaruhi debit puncak banjir dengan memodifikasi bagaimana curah hujan dan pencairan salju disimpan dan mengalir dari permukaan tanah ke sungai. Di daerah yang belum berkembang seperti hutan dan padang rumput, curah hujan dan pencairan salju terkumpul dan disimpan di vegetasi, di kolom tanah, atau di cekungan permukaan. Ketika kapasitas penyimpanan ini terisi, limpasan mengalir perlahan melalui tanah sebagai aliran bawah permukaan. Sebaliknya, daerah perkotaan, di mana sebagian besar permukaan tanah ditutupi oleh jalan dan bangunan, memiliki kapasitas yang lebih kecil untuk menyimpan curah hujan dan pencairan salju. Konstruksi jalan dan bangunan sering kali melibatkan pemindahan vegetasi, tanah, dan cekungan dari permukaan tanah. Tanah permeabel digantikan oleh permukaan kedap air seperti jalan, atap, tempat parkir, dan trotoar yang menyimpan sedikit air, mengurangi infiltrasi air ke dalam tanah, dan mempercepat limpasan ke parit dan sungai. Bahkan di daerah pinggiran kota, di mana rumput dan lansekap permeabel lainnya mungkin umum, curah hujan dan pencairan salju dapat menjenuhkan tanah tipis dan menghasilkan aliran darat, yang mengalir

dengan cepat. Jaringan parit dan gorong-gorong yang padat di kota-kota mengurangi jarak yang harus dilalui oleh limpasan melalui darat atau melalui jalur aliran bawah permukaan untuk mencapai sungai dan sungai. Begitu air memasuki jaringan drainase, ia mengalir lebih cepat daripada aliran darat atau bawah permukaan.

Dengan kapasitas penyimpanan air yang lebih sedikit di daerah aliran sungai perkotaan dan limpasan yang lebih cepat, aliran sungai kota naik lebih cepat selama badai dan memiliki tingkat debit puncak yang lebih tinggi daripada aliran sungai pedesaan. Selain itu, total volume air yang dibuang selama banjir cenderung lebih besar untuk sungai-sungai perkotaan daripada untuk sungai-sungai pedesaan. Misalnya, aliran sungai di Mercer Creek, aliran perkotaan di barat Washington, meningkat lebih awal dan lebih cepat, memiliki debit dan volume puncak yang lebih tinggi selama badai pada 1 Februari 2000, dan menurun lebih cepat daripada di Newaukum Creek, aliran pedesaan terdekat. . Seperti halnya perbandingan antar sungai, perbedaan aliran sungai tidak dapat dikaitkan hanya dengan penggunaan lahan, tetapi juga dapat mencerminkan perbedaan geologi, topografi, ukuran dan bentuk cekungan, dan pola badai.

Efek hidrologis dari pembangunan perkotaan seringkali paling besar di daerah aliran sungai kecil di mana, sebelum pembangunan, sebagian besar presipitasi yang jatuh di cekungan tersebut akan menjadi aliran bawah permukaan, mengisi kembali akuifer atau mengalir ke jaringan sungai lebih jauh ke hilir. Selain itu, pembangunan perkotaan dapat sepenuhnya mengubah lanskap di DAS kecil, tidak seperti di

DAS yang lebih besar di mana daerah dengan vegetasi alami dan tanah cenderung dipertahankan.

Efek Hidraulik dari Perubahan Saluran Aliran dan Dataran Banjir

Pembangunan di sepanjang saluran sungai dan dataran banjir dapat mengubah kapasitas saluran untuk mengalirkan air dan dapat meningkatkan ketinggian permukaan air (juga dikenal sebagai tahap) sesuai dengan debit yang diberikan. Secara khusus, struktur yang merambah pada dataran banjir, seperti jembatan, dapat meningkatkan banjir di hulu dengan mempersempit lebar saluran dan meningkatkan ketahanan saluran terhadap aliran. Akibatnya, air berada pada tingkat yang lebih tinggi karena mengalir melewati penghalang, menciptakan aliran balik yang akan menggenangi wilayah yang lebih besar di hulu.

Sedimen dan puing-puing yang terbawa oleh air banjir dapat semakin menyempitkan saluran dan meningkatkan banjir. Bahaya ini paling besar di hulu gorong-gorong, jembatan, atau tempat-tempat lain di mana puing-puing terkumpul. Saluran sungai kecil dapat diisi dengan sedimen atau tersumbat oleh puing-puing, karena gorong-gorong berukuran kecil, misalnya. Ini menciptakan cekungan tertutup tanpa outlet untuk limpasan. Meskipun saluran dapat direkayasa untuk mengalirkan air banjir dan puing-puing dengan cepat ke hilir, manfaat lokal dari pendekatan ini harus diimbangi dengan kemungkinan peningkatan banjir di hilir.

Erosi di sungai perkotaan merupakan konsekuensi lain dari pembangunan perkotaan. Banjir yang sering terjadi di sungai-sungai perkotaan meningkatkan erosi saluran dan

tepi. Dimana saluran telah diluruskan dan vegetasi telah dihapus dari tepi saluran, kecepatan aliran sungai akan meningkat, memungkinkan sungai untuk mengangkut lebih banyak sedimen. Di banyak daerah perkotaan, erosi tepi sungai merupakan ancaman berkelanjutan terhadap jalan, jembatan, dan struktur lain yang sulit dikendalikan bahkan dengan pengerasan tepi sungai.

Pengaruh Pembangunan Perkotaan Terhadap Debit dan Frekuensi Banjir

Konsekuensi umum dari pembangunan perkotaan adalah meningkatnya debit puncak dan frekuensi banjir. Biasanya, debit maksimum tahunan di sungai akan meningkat seiring dengan perkembangan kota, meskipun peningkatan tersebut terkadang ditutupi oleh variasi badai dari tahun ke tahun. Pengaruh pembangunan di daerah aliran sungai paling menonjol untuk badai sedang setelah periode kering. Untuk badai yang lebih besar selama periode basah, tanah di cekungan pedesaan menjadi jenuh dan curah hujan tambahan atau pencairan salju mengalir sebanyak yang terjadi di cekungan perkotaan.

Tabel 1. Peningkatan relatif debit puncak lebih besar untuk banjir kecil yang sering terjadi daripada banjir besar yang jarang terjadi.

Frekuensi Banjir	Peluang debit puncak banjir akan terlampaui setiap tahun	Peningkatan debit puncak banjir karena pembangunan perkotaan
2 tahun	50 persen	100 hingga 600 persen
10 tahun	10 persen	20 hingga 300 persen
100 tahun	1 persen	10 hingga 250 persen

Mengurangi Bahaya Banjir Di Daerah Perkotaan

Ada banyak pendekatan untuk mengurangi bahaya banjir di daerah aliran sungai yang sedang dikembangkan. Cara terbaik untuk mengurangi risiko terhadap keselamatan manusia dan kerusakan properti akibat banjir adalah dengan mengidentifikasi lokasi yang rawan banjir (daerah bahaya banjir) dan menghindarinya saat merencanakan bangunan baru, jalan, dan struktur rentan lainnya. Praktek perencanaan yang baik menunjukkan bahwa lahan di daerah yang sering banjir harus dibatasi untuk penggunaan yang tidak terlalu terpengaruh oleh banjir. Ini termasuk taman, lapangan golf, area rekreasi, dan tempat parkir, atau penggunaan seperti pertanian atau kehutanan atau konservasi yang dapat mentolerir banjir sesekali. Bangunan yang sudah berada di daerah rawan banjir dapat "tahan banjir", yang berarti menambahkan fitur sementara atau permanen pada bangunan atau sekitarnya yang mengurangi potensi kerusakan akibat air yang mengalir atau tergenang.

Bangunan dan jembatan telah ditinggikan, dilindungi dengan tembok penahan air dan tanggul, atau dirancang untuk menahan genangan sementara. Sistem drainase telah diperluas untuk meningkatkan kapasitasnya untuk menahan dan mengalirkan aliran sungai yang tinggi; misalnya dengan menggunakan atap dan tempat parkir untuk menyimpan air. Teknik yang mempromosikan infiltrasi dan penyimpanan air di kolom tanah, seperti parit infiltrasi, trotoar permeabel, amandemen tanah, dan mengurangi permukaan kedap air juga telah dimasukkan ke dalam pembangunan perumahan dan komersial baru dan yang sudah ada untuk mengurangi limpasan dari daerah ini.

Urbanisasi umumnya meningkatkan ukuran dan frekuensi banjir dan dapat mengekspos masyarakat untuk meningkatkan bahaya banjir. Informasi arus sungai saat ini memberikan landasan ilmiah untuk perencanaan dan pengelolaan banjir di daerah perkotaan. Karena peta bahaya banjir berdasarkan data aliran sungai dari beberapa dekade yang lalu mungkin tidak lagi akurat saat ini, pengelola dataran banjir memerlukan data aliran puncak baru untuk memperbarui analisis frekuensi banjir dan peta banjir di daerah dengan urbanisasi baru-baru ini. Stasiun pengukur aliran sungai memberikan catatan aliran sungai yang berkelanjutan yang dapat digunakan dalam desain infrastruktur perkotaan baru termasuk jalan, jembatan, gorong-gorong, saluran, dan struktur penahan. Manajer stormwater dapat menggunakan informasi aliran sungai dalam kombinasi dengan catatan curah hujan untuk mengevaluasi solusi inovatif untuk mengurangi limpasan dari daerah perkotaan. Stasiun pengukur aliran waktu nyata, yang membuat data aliran dan curah hujan tersedia melalui

internet dan jaringan komunikasi lainnya saat direkam, menawarkan banyak manfaat di daerah aliran sungai perkotaan. Secara khusus, mereka memberikan informasi kepada pengelola banjir yang dapat memandu operasi pengendalian banjir dan tindakan darurat seperti evakuasi dan penutupan jalan mereka untuk mengatasi bencana.

Bab 2

Permasalahan Genangan Perkotaan

A. Konsep Banjir dan Genangan

Dalam Pedoman Penyusunan Sistem Peringatan Dini dan Evakuasi Banjir Bandang yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum disebutkan bahwa genangan adalah terhentinya air atau air tidak mengalir, sedangkan banjir adalah peristiwa meluapnya air sungai melebihi palung sungai. Banjir juga didefinisikan sebagai keadaan aliran air dan atau elevasi muka air di sungai atau saluran yang lebih besar atau lebih tinggi dari kondisi normal. Karenanya, dapat saja terjadi di suatu lokasi tertentu ada genangan meskipun tinggi air di sungai atau saluran masih dalam batas kondisi normal.

Banjir terjadi ketika volume limpasan menyebabkan permukaan air naik di atas elevasi yang biasanya tergenang. Berkenaan dengan pengembangan DAS, ada tiga bentuk banjir yang menjadi perhatian: dataran tinggi, sungai dan pesisir. Banjir di dataran tinggi dan sungai diakibatkan oleh intensitas curah hujan yang melebihi kecepatan air yang dapat meresap ke dalam bumi. Kelebihan air menjadi limpasan permukaan yang menimbulkan masalah ketika volume melebihi kapasitas sengkedan, parit atau saluran yang membawanya ke hilir. Banjir pesisir biasanya merupakan akibat dari angin kencang yang menyebabkan air pasang naik lebih tinggi dari elevasi normal. Banjir pantai terburuk biasanya terjadi ketika banjir sungai bergabung dengan angin kencang bersama dengan air pasang yang luar biasa tinggi.

- 1) Banjir Dataran Tinggi: Ruang bawah tanah yang basah adalah masalah paling umum yang disebabkan oleh banjir

di dataran tinggi. Ini biasanya hasil dari limpasan yang berasal dari dekat rumah atau struktur lainnya. Basement yang basah juga dapat disebabkan oleh naiknya muka air tanah lebih dekat ke permukaan tanah. Seringkali, downspouts yang keluar terlalu dekat dengan pondasi adalah penyebab basement basah karena banjir di dataran tinggi.

- 2) Banjir Sungai: Aliran atau sungai biasanya mengalir di saluran yang ditentukan. Kecuali di daerah pegunungan atau hulu, daerah datar yang dikenal sebagai dataran banjir biasanya berbatasan dengan saluran. Melalui misteri geomorfologi sebagian besar saluran terkikis hingga cukup lebar dan dalam untuk menampung banjir yang biasanya berulang setiap satu hingga dua tahun. Dalam waktu yang sangat lama, akan terjadi banjir setiap 100 tahun sekali yang melipatgandakan kedalaman saluran. Jika kedalaman dari puncak tebing ke dasar adalah 6 kaki maka permukaan air banjir 100 tahun akan berada sekitar 12 kaki di atas dasar saluran.

Menurut Badan Koordinasi Penanggulangan Bencana Nasional, ada dua pengertian mengenai banjir yaitu:

- 1) aliran air sungai yang tingginya melebihi muka air normal sehingga melimpas dari palung sungai menyebabkan adanya genangan pada lahan rendah di sisi sungai. Aliran air tersebut semakin meninggi, mengalir dan melimpas di muka tanah yang biasanya tidak dilewati aliran air;
- 2) gelombang banjir yang berjalan ke arah hilir sistem sungai dan berinteraksi dengan kenaikan muka air di muara akibat pasang air laut atau badai.

Perumahan baru, pusat perbelanjaan, dan bentuk pembangunan lainnya dapat memperburuk banjir dalam dua cara. Pertama, dengan meningkatkan volume air banjir yang menggenangi properti di hilir. Kedua, dengan menempatkan lebih banyak rumah dan bangunan lain di daerah rawan banjir. Namun, praktik pengelolaan air hujan yang tepat dapat mencegah pembangunan baru dari memperparah banjir dan bahkan membawa pengurangan bila diterapkan ke daerah maju yang ada.

Permukaan kedap air mencegah curah hujan dan pencairan salju meresap ke dalam bumi. Jalan, tempat parkir, gedung, dan trotoar adalah permukaan kedap air yang paling umum. Dibutuhkan 1,5 inci hujan (dalam 24 jam) untuk menghasilkan limpasan dari halaman tetapi hanya 0,2 inci yang menyebabkan limpasan dari permukaan kedap air. Pada saat limpasan dimulai dari halaman Anda, atap rumah Anda mungkin telah menghasilkan 1200 galon limpasan. Kalikan itu dengan semua permukaan kedap air lainnya yang mengalir ke saluran air dan Anda mendapatkan volume air banjir yang luar biasa.

Ketika limpasan dimulai di hutan pertama kali mengalir bersama dengan daun yang sangat kasar dan permukaan yang tertutup ranting. Permukaan kasar ini menghambat kecepatan aliran yang menjaga limpasan dari membentuk gelombang banjir besar.

Limpasan mengalir sekitar 50 kali lebih cepat bersama dengan permukaan aspal atau beton seperti jalan, selokan atau pipa pembuangan badai. Kecepatan aliran yang lebih cepat menyebabkan gelombang banjir mencapai volume yang jauh lebih besar dan menggenangi struktur yang terletak pada

elevasi yang lebih tinggi di atas permukaan air normal. Menghaluskan aliran sungai dan tepian sungai dengan menebang pohon dan semak belukar memiliki efek memperbesar banjir yang sama. Inilah salah satu alasan mengapa kanalisasi ditinggalkan demi tindakan pengendalian banjir yang lebih efektif.

Untuk menilai efek gabungan dari peningkatan volume limpasan dan saluran drainase yang lebih lancar, perlu dipertimbangkan bahwa mengubah daerah aliran sungai yang tertutup hutan menjadi rumah di lahan seluas seperempat acre dapat meningkatkan frekuensi dan tingkat keparahan banjir seratus kali lipat. Dengan kata lain, kedalaman air banjir hanya terlihat sekali dalam satu abad sebelum pembangunan dapat terulang kembali setiap tahun sesudahnya. Namun, dengan pengelolaan air hujan yang tepat dan perlindungan saluran-dataran banjir, pengembangan DAS dapat terjadi dengan peningkatan banjir yang minimal. Banjir besar cenderung terjadi setelah satu minggu atau lebih hujan yang membasahi permukaan tanah. Tanah jenuh tidak dapat menyerap lebih banyak air sehingga curah hujan berikutnya semua menjadi limpasan. Jika badai besar terjadi ketika tanah jenuh atau beku, maka banjir yang parah dapat terjadi. Ketika tanah jenuh, ia bertindak seperti tempat parkir atau permukaan kedap air lainnya dengan menghasilkan limpasan segera setelah hujan dimulai.

Pemerintah melakukan modifikasi peraturan dan pedoman pengelolaan hujan lebat untuk mengurangi volume melalui penggunaan langkah-langkah yang mengalirkan limpasan ke dalam tanah sambil mengurangi permukaan kedap air yang diciptakan oleh pembangunan baru. Banyak juga yang

mensyaratkan bahwa ketika sebuah situs dibangun kembali, seperti ketika pusat perbelanjaan lama diubah menjadi penggunaan baru, permukaan tahan air yang tersisa dan baru mengalir ke langkah-langkah yang sangat efektif. Persyaratan pembangunan kembali ini memungkinkan untuk secara bertahap membalikkan efek pembangunan yang ada terhadap banjir, erosi saluran, dan ekosistem perairan. Untuk setiap acre area kedap air yang ada yang mengalir ke langkah-langkah yang sangat efektif, 75 hingga 500 kaki air hilir yang terdegradasi dikembalikan ke kondisi yang lebih sehat.

Dengan mengurangi total volume limpasan, fasilitas seperti bioretensi lebih efektif daripada kolam dalam mencegah atau memperbaiki banjir di hilir dan erosi saluran. Namun, ada beberapa situasi di mana kolam mungkin masih diperlukan untuk pengelolaan banjir. Bioretensi dan praktik infiltrasi lainnya jauh lebih efektif daripada kolam dalam menjaga nutrisi keluar dari perairan hilir. Hal yang sama berlaku untuk banyak polutan lain yang umumnya terperangkap dalam limpasan dari permukaan yang kedap air.

Semua praktik pengelolaan hujan lebat membutuhkan perawatan. Kolam yang terisi sedimen dan spillways dapat rusak oleh air banjir. Bioretensi dan fasilitas infiltrasi lainnya dapat menyumbat yang mencegah limpasan meresap ke dalam tanah di bawahnya untuk menyediakan imbuhan yang diperlukan untuk memelihara sumur dan aliran sungai pada cuaca kering. Untuk memastikan bahwa praktik tetap terjaga, pemerintah daerah harus secara teratur memeriksa setiap fasilitas. Tampaknya satu inspektur penuh waktu dapat mengawasi sekitar 600 hingga 1.000 fasilitas per tahun. Beberapa penelitian telah menunjukkan tingkat kegagalan

praktek stormwater setinggi 50%. Tingkat kegagalan yang sangat tinggi ini secara langsung dikaitkan dengan kurangnya inspeksi. Tetapi ketika kelompok advokasi warga melobi untuk koreksi, staf inspeksi ditingkatkan dan tingkat kegagalan dipotong sepertiga dalam waktu tiga tahun.

B. Genangan Perkotaan

Berdasarkan definisi-definisi sebagaimana dijelaskan pada bab sebelumnya, maka genangan di jalan dapat diartikan sebagai terhentinya air di jalan, Airnya sendiri dapat berasal dari luapan saluran di sekitarnya karena beban drainase yang melebihi kapasitas saluran, atau akibat air hujan yang jatuh. Terhentinya air di jalan dapat disebabkan oleh antara lain konfigurasi jalan yang tidak memungkinkan air untuk mengalir dengan cepat ke daerah hilir; lapisan jalan yang tidak lolos air menyebabkan air tidak dapat mengalir vertikal ke bawah dan meresap ke dalam tanah; tidak berfungsinya atau kurangnya kapasitas lubang atau kisi-kisi untuk mengalirkan air di jalan menuju ke saluran drainase terdekat.

Dimana Terjadi Genangan di Jalan?

Genangan di jalan seringkali terjadi di daerah perkotaan. Perkembangan kota merupakan suatu kebutuhan mendesak yang tidak dapat dihindari. Perkembangan teknologi berimplikasi pada tuntutan untuk menjadi masyarakat modern yang tentu saja hanya dapat diperoleh di kota. Urbanisasi tidak terelakkan lagi. Para pengembang perumahan berlomba-lomba menyediakan fasilitas hunian yang nyaman dengan harga bersaing. Seringkali areal

perumahan tersebut dibuat dengan cara mengalihkan fungsi lahan yang sebelumnya ruang terbuka (misalnya sawah, kebun, rawa, daerah resapan) menjadi daerah permukiman. Perkembangan kawasan perumahan juga harus diikuti dengan penyediaan fasilitas jalan, pertokoan, sekolah, tempat ibadah dan fasilitas umum lainnya. Ketersediaan lahan tembus air (permeable) semakin berkurang yang menyebabkan koefisien limpasan dan beban drainase menjadi semakin besar melebihi kapasitas yang ada. Luapan beban drainase yang tidak tertampung sebagai salah satu penyebab terjadinya genangan di jalan.

Genangan di jalan juga seringkali terjadi pada daerah cekungan. Kondisi topografi suatu daerah perkotaan bisa sangat bervariasi, khususnya pada kota-kota di daerah dataran tinggi atau daerah perbukitan. Pada musim hujan kondisi ini menyebabkan aliran limpasan permukaan terkumpul di titik terendah pada suatu kawasan. Perencanaan kontur jalan yang tidak terintegrasi dapat menyebabkan genangan semakin tinggi karena semua aliran limpasan permukaan akan menuju ke satu lokasi yang sama, yaitu lokasi terendah pada kawasan tersebut.

Pada hampir seluruh persimpangan jalan baik berupa pertigaan maupun perempatan, pada musim hujan selalu terjadi genangan. Hanya saja genangan pada perempatan jalan akan cepat surut seiring dengan menurunnya intensitas hujan. Aliran limpasan permukaan dari beberapa jalan berkumpul pada satu titik dan menyebabkan terjadinya aliran balik (*backwater*) pada salah satu ruas jalan yang memiliki elevasi lebih rendah, seperti terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 1. *Backwater* pada persimpangan jalan
(Sumber: Sedyowati dkk, 2009 [8])

Pada jalan-jalan yang tidak dilengkapi dengan saluran drainase dan sistem pembuangan air limpasan jalan, berpotensi terjadi genangan. Perkembangan kota membutuhkan peningkatan prasarana dan sarana untuk memberikan kenyamanan bagi penduduknya. Peningkatan prasarana jalan membutuhkan ruang yang seringkali tidak mempertimbangkan sistem pembuangan limpasan yang mengalir di permukaan jalan dengan cepat. Gambar berikut ini memperlihatkan genangan pada saat hujan yang terjadi pada jalan tanpa saluran drainase dan *gutter* yang memadai.



Gambar 2.2 Genangan di jalan tanpa saluran drainase.
(Sumber: hasil pengamatan)

Genangan juga sering terjadi pada kota-kota di daerah pantai atau muara sungai. Masuknya air laut ke daratan dan sungai pada saat pasang air laut menyebabkan terjadinya aliran balik pada aliran sungai maupun limpasan permukaan yang seharusnya menuju ke laut kembali ke arah daratan. Hal ini menyebabkan terjadinya genangan di daratan atau kawasan perkotaan yang akan surut apabila periode pasang air laut berakhir. Kondisi genangan akan semakin parah apabila terjadi limpasan permukaan yang besar dikarenakan intensitas hujan tinggi dengan durasi lama.

Penyebab Genangan di Jalan

Menurut Suparmanto (2011) [9] banjir/genangan pada dasarnya disebabkan oleh beberapa unsur. Pertama disebabkan oleh hujan setempat yang kurang lancar

mengalir ke saluran drainase atau sungai. Kedua akibat luapan dari saluran atau sungai akibat debit yang mengalir di saluran/sungai melebihi kapasitas saluran/sungai. Ketiga biasanya perkotaan yang terletak di hilir sungai atau daerah pantai sehingga akan dipengaruhi oleh pasang yang mengakibatkan sungai dapat meluap karena terjadinya air balik.

Terjadinya banjir/genangan di daerah perkotaan pada umumnya disebabkan oleh hujan lokal dengan intensitas yang tinggi sehingga melebihi kapasitas drainase, sistem drainase yang kurang baik, serta banyaknya sampah yang masuk ke saluran drainase. Genangan di jalan disebabkan oleh beberapa faktor berikut ini.

Perencanaan geometri jalan, khususnya pada persimpangan jalan baik berupa pertigaan maupun perempatan atau lebih, tidak mempertimbangkan potensi terjadinya *backwater*. Hal ini banyak dijumpai pada pintu keluar perumahan. Untuk menyediakan fasilitas perumahan yang bebas banjir/genangan, pihak pengembang perumahan pada umumnya mengubah kontur tanah asli menjadi lebih tinggi. Tujuannya agar pada pertemuan dengan jalan utama elevasi jalan keluar perumahan lebih tinggi dari jalan utama sehingga pada saat hujan aliran air permukaan jalan tidak masuk ke perumahan. Di sisi lain, hal ini menyebabkan terjadi genangan yang lebih parah pada jalan utama, bahkan dapat meluas ke lokasi-lokasi lain di bagian hilir pertemuan jalan, dikarenakan limpasan permukaan dari perumahan terakumulasi di jalan utama.

Beban drainase yang tinggi juga menyebabkan terjadinya genangan di jalan. Beban drainase terlalu tinggi

disebabkan oleh semakin berkurangnya lahan tembus air. Hal ini menyebabkan kapasitas sistem drainase tidak mencukupi sehingga air melimpas keluar saluran dan menggenangi jalan. Apabila kontur jalan tidak mendukung terjadinya pengaliran limpasan dengan baik maka akan terjadi genangan di jalan tersebut. Genangan akan semakin parah apabila jalan tidak mempunyai kemampuan untuk meresapkan air.

Dari uraian di atas sekarang ini haruslah mulai disadari bahwa penyelesaian masalah banjir yang tidak terintegrasi akan menimbulkan masalah yang semakin buruk di tempat lain. Integrasi di sini harus dipahami sebagai suatu filosofi bahwa suatu kepentingan, baik itu berupa penyelesaian masalah, pengembangan maupun pengelolaan, akan berpengaruh pada kepentingan lainnya. Karenanya, setiap langkah atau upaya apapun yang akan dilakukan harus merupakan hasil keputusan bersama dari semua pihak yang berkepentingan atau yang akan terkena dampak.

Bagaimana Dampak Genangan di Jalan?

Genangan atau banjir dapat dikatakan sebagai bencana ataupun bukan bencana. Hal ini tergantung dari dampak yang ditimbulkannya. Dampak genangan dapat berupa dampak positif dan dampak negatif. Sesuai dengan konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) dengan tiga pilar utama yaitu perkembangan ekonomi, pemerataan sosial, dan kelestarian lingkungan, maka dampak genangan di jalan harus dilihat dari tiga sudut pandang, yaitu ekonomi, sosial dan lingkungan.

Genangan di jalan seringkali menyebabkan terjadinya kemacetan. Menurut Anonim (2009) [10] secara ekonomi,

kemacetan jalan menyebabkan peningkatan waktu tempuh (inefisiensi waktu), biaya transportasi secara signifikan, gangguan yang serius bagi pengangkutan produk-produk ekspor-impor (logistik secara umum), penurunan tingkat produktivitas kerja, dan pemanfaatan energi yang sia-sia. Selain itu, kemacetan pun memberikan dampak yang serius bagi penurunan kualitas lingkungan perkotaan (khususnya tingkat kebisingan dan polusi udara) dan penurunan tingkat kesehatan (misal: pemicu lahirnya berbagai penyakit pernapasan, tekanan psikologis/stress, dan sebagainya).

Dalam konteks perubahan iklim (*climate change*) yang kini tengah menjadi topik hangat bagi masyarakat dunia, kemacetan lalu lintas di kota-kota utama dunia telah menjadi salah satu kontributor utama dalam emisi gas-gas rumah kaca ke atmosfer yang menyebabkan peningkatan temperatur bumi yang signifikan sejak kota-kota tersebut tumbuh pesat.

Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Bappenas tahun 2006 menunjukkan bahwa kemacetan di Jakarta menimbulkan kerugian ekonomi sebesar Rp. 7 Trilyun/tahun yang dihitung untuk 2 (dua) sektor saja, yakni energi (Rp.5,57 T/tahun) dan kesehatan (Rp.1,7 triliun/tahun). Sementara Yayasan Pelangi memperkirakan kerugian bisa membengkak hingga Rp. 43 triliun per tahun akibat adanya dampak sosial antara lain menurunnya produktivitas kerja, terganggunya aktivitas belajar dan kegiatan sosial lainnya, ketidaknyamanan, kekhawatiran, perubahan sistem sosial, hingga melayangnya jiwa manusia. Genangan juga menimbulkan kerusakan dan kerugian yang tidak sedikit terhadap aset-aset publik, swasta, serta masyarakat, dan yang pada gilirannya kemudian

mengganggu perekonomian dan kehidupan masyarakat pada umumnya.

Di sisi lain, genangan yang terjadi dapat memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan jumlah imbuhan air tanah asalkan terjadinya pada jalan yang tembus air. Berdasarkan definisi di awal bab ini, genangan berarti terhentinya air atau air tidak mengalir. Secara hidrologi, air yang tidak mengalir atau tertahan di suatu kawasan akan memperkecil jumlah limpasan permukaan, yang berarti juga akan mengurangi jumlah aliran atau beban drainase yang masuk ke sungai atau saluran. Hanya saja permasalahannya adalah bagaimana agar genangan yang terjadi mempunyai dampak yang minimal sehingga tidak mengganggu stabilitas ekonomi dan sosial. Pada sub bab selanjutnya akan dibahas beberapa konsep tentang teknologi pembangunan yang berwawasan lingkungan atau mempunyai dampak rendah terhadap lingkungan.

Apa Yang Sebaiknya Dilakukan Terhadap Genangan di Jalan?

Berdasarkan analisis dampak genangan di jalan yang dilihat dari sudut pandang ekonomi, sosial dan lingkungan, maka penyelesaian masalah genangan di jalan juga harus dilakukan secara komprehensif dan terintegrasi, serta bersifat spesifik di tiap lokasi atau daerah.

Genangan di jalan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu genangan dengan dampak rendah dan genangan dengan dampak tinggi. Upaya-upaya pengendalian genangan memiliki dua tujuan, yaitu meminimalkan risiko atau kerugian, dan memaksimalkan manfaat genangan itu sendiri. Kerugian dan

manfaat diperhitungkan untuk semua komponen baik *tangible values* maupun *intangible values*.

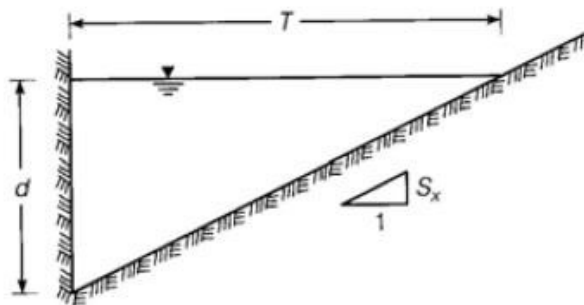
Komponen *tangible* untuk kerugian genangan antara lain kerusakan jalan dan sistem drainasenya, kerusakan kendaraan akibat terendam air, kerugian perekonomian karena kemacetan yang disebabkan oleh genangan. Komponen *intangible* meliputi rasa tidak aman, ketidaknyamanan melakukan aktivitas sehari-hari misalnya bekerja, sekolah, dan kegiatan sosial lainnya. Besarnya kerugian yang dialami akan sangat tergantung pada besarnya atau skala genangan yang terjadi. Komponen *tangible* untuk manfaat genangan antara lain nilai air yang dapat diresapkan dan ditampung melalui lapisan permukaan tembus air. Komponen *intangible* meliputi nilai sosial kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga lingkungan, khususnya yang terkait dengan pelestarian sumberdaya air. Manfaat ini akan semakin besar seiring dengan semakin luasnya jalan tembus air pada daerah perkotaan.

Kegiatan untuk meminimalkan kerugian akibat genangan adalah mengupayakan agar genangan segera dihilangkan atau dikeringkan agar kerusakan maupun gangguan yang ditimbulkan oleh genangan dapat diminimalkan. Sebaliknya, kegiatan untuk memaksimalkan manfaat genangan adalah mengupayakan agar genangan dibiarkan meresap secara alami ke dalam lapisan permukaan lahan.

Pada kondisi bagaimana genangan harus segera dikeringkan, atau dibiarkan saja agar meresap secara alami pada permukaan jalan, sangat tergantung pada peruntukan

jalan. Pada jalan yang mempunyai tujuan khusus, misalnya *highway, freeway, runway*, yang didesain dengan struktur perkerasan kedap air genangan yang terjadi harus segera dialirkan keluar dari area jalan, dengan cara meningkatkan kapasitas pengaliran *gutter*. Pada jalan perumahan dengan beban dan kecepatan kendaraan yang tidak terlalu tinggi, genangan yang terjadi tidak harus segera dialirkan keluar agar dapat diresapkan ke dalam lapisan permukaan tanah. Genangan tersebut dengan ketinggian maksimum 30 cm untuk jalan lurus dan rata dan ketinggian maksimum 42 cm untuk jalan dengan kemiringan 1 : 200 (Sutherland, 1996) [11].

Perencanaan *street gutters and inlets* (Pitt, 2007) [12] untuk mengalirkan genangan di jalan sebagai berikut:



d adalah tinggi genangan sepanjang pembatas jalan (*curb*) dan T adalah jarak genangan air pada sepanjang penampang melintang jalan sampai dengan *curb*. S_x adalah kemiringan melintang jalan pada umumnya antara 1,5 - 6%. Kemiringan memanjang jalan umumnya antara 0,5 - 5%, tergantung kondisi topografi. Debit aliran pada *triangular gutter* dapat dihitung berdasarkan rumus modifikasi Manning.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada bab dan sub bab sebelumnya, permasalahan banjir dan genangan yang terjadi di perkotaan dapat dirumuskan sebagai berikut:

- 1) Apakah faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya banjir perkotaan sebagaimana yang terjadi pada kurang lebih dua dekade terakhir?
- 2) Siapakah aktor utama, aktor pendukung dan kontributor dalam mengatasi permasalahan banjir?
- 3) Bagaimanakah kondisi banjir di perkotaan sampai dengan saat ini?
- 4) Apakah Kota Bebas Banjir dapat menjadi kenyataan?

Bab 3

Metodologi Penyelesaian Masalah

A. Kerangka Konsep

Kerangka konseptual memberikan filosofi untuk mengarahkan penelitian yang dapat berasal dari teori, model dan praktik terbaik. Empat komponen utama yang juga telah dikonseptualisasikan untuk membangun kerangka kerja konseptual adalah pengetahuan pengalaman, teori dan penelitian yang ada, pekerjaan percontohan dan eksperimen pemikiran. Dalam hal ini, dikatakan bahwa kerangka konseptual bisa datang dalam bentuk visual atau teks, namun secara umum disarankan agar visual lebih baik karena dampak yang dibuat oleh gambar visual dalam pikiran.

Secara umum, diyakini bahwa tidak ada cara yang benar atau salah dalam mengembangkan kerangka konseptual. Namun, literatur menguraikan tiga jenis kerangka kerja utama yang berfungsi sebagai panduan yang berguna.

Ada tiga kerangka utama yang diidentifikasi dalam literatur seperti yang diidentifikasi di bawah ini; yaitu kerangka sekuensial, kerangka determinan sosial dan kerangka domain yang tumpang tindih (www.populationsurvey.com). Literatur lain mengaturnya sebagai berikut; kerangka kerja abstrak yang menunjukkan hubungan konseptual; akun diagram alur dan bagaimana mereka terhubung; jaringan sebab dan akibat variabel; tampilan seperti pohon dan diagram venn yang menggambarkan konsep yang tumpang tindih.

Diadopsi dari Jamshed et al. [13], banyak kerangka teoritis tentang sistemisasi dan penilaian kerentanan dikembangkan dengan berbagai tingkat cakupan dan kedalaman dalam hal skala, dimensi, dan komponen. Namun demikian, kerangka kerja ini tidak secara eksplisit menyebutkan dampak banjir atau bahaya lainnya pada keterkaitan antar unit spasial yaitu pedesaan dan perkotaan.

Dalam konteks penelitian ini, konsep yang ditawarkan terkait dengan komunitas dan melibatkan banyak faktor dan aktor. Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini ditopang oleh teori Tanggung Jawab Sosial. Tanggung jawab sosial secara luas diakui sebagai yang berkaitan dengan hubungan antara aspek ekonomi, lingkungan dan sosial dari suatu organisasi atau kegiatan kelompok yang berusaha untuk memberi manfaat bagi masyarakat. Sebagian besar setuju bahwa tanggung jawab sosial penting tidak hanya untuk lingkungan bisnis tetapi juga untuk masyarakat yang lebih luas, dengan efek negatif, seperti undang-undang baru dan publisitas yang merugikan terlihat sebagai akibat dari kegagalan untuk mengenali dan mempertahankan tingkat tanggung jawab sosial yang sesuai. Kerangka tersebut menyarankan jaringan diagram alur berulang dengan anggota dewan dan tetua masyarakat sebagai titik fokus untuk memimpin mandat untuk membangun masyarakat yang tangguh. Kerangka tersebut menyarankan bahwa anggota majelis dan/atau tokoh masyarakat harus diberdayakan untuk memainkan peran utama dalam setiap upaya ketahanan masyarakat karena kedekatan yang dimiliki masyarakat di wilayah studi untuk jabatan. Di komunitas lain, mungkin perlu

untuk mengidentifikasi pemimpin opini yang diidentifikasi oleh komunitas untuk memainkan peran itu.

Menurut Zhong et al. [14], ketahanan masyarakat adalah indeks kunci untuk menggambarkan respon sistem habitat manusia terhadap bahaya. Mengevaluasi dan meningkatkan ketahanan masyarakat memerlukan indikator, identifikasi, dan pengukuran kuantitatif, terutama untuk pengelolaan banjir perkotaan. Ketahanan masyarakat akan menjadi yang terkuat di mana domain yang berbeda bersinggungan. Masyarakat mungkin tidak sepenuhnya tangguh, karena beberapa elemen dalam kerangka ketahanan masyarakat berkontribusi terhadap kerentanan. Berdasarkan studi ketahanan sebelumnya, ketahanan perkotaan dapat dipahami dalam aspek ketahanan ekologi, ketahanan ekonomi, dan ketahanan sosial. Studi tertentu telah menunjukkan bahwa ketahanan terhadap bencana perkotaan terkait dengan organisasi perkotaan dan pemerintah, serta persepsi penduduk tentang risiko. Beberapa kerangka kerja dan alat evaluasi telah dikembangkan oleh organisasi pemerintah dan peneliti akademis yang berfokus pada bidang yang berbeda dan mungkin tidak sesuai untuk wilayah studi lain karena perbedaan kebutuhan dan kondisi lokal.

Menurut Leitão et al. [15], metodologi yang diadopsi dalam suatu studi sebaiknya mudah diterapkan dan efektif dalam menilai risiko banjir di daerah perkotaan. Hal ini dimaksudkan menarik bagi pengelola sistem drainase perkotaan untuk menangani risiko banjir, karena memungkinkan identifikasi daerah rawan banjir prioritas, sehingga meningkatkan pengambilan keputusan tentang alokasi sumber daya untuk meminimalkan risiko banjir.

Pendekatan risiko yang diadopsi didasarkan pada kombinasi tingkat kemungkinan dan konsekuensi, menggunakan matriks risiko – metode penilaian risiko kualitatif. Tingkat kemungkinan diestimasi berdasarkan periode ulang kejadian hujan. Tingkat konsekuensi diperoleh dari hasil model drainase perkotaan. Lima tingkat kemungkinan dan konsekuensi ditentukan oleh analisis risiko. Dengan mempertimbangkan level-level ini dan matriks risiko, sangat mudah untuk mengidentifikasi seberapa parah risiko untuk peristiwa tersebut. Tindakan yang berbeda dapat dipertimbangkan untuk mengatasi risiko banjir, sesuai dengan kriteria penerimaan risiko yang ditetapkan.

Metode matriks risiko adalah metode praktis untuk memperkirakan risiko. Di sini, satu keuntungannya adalah definisi kelas yang tepat yang membantu mengurangi subjektivitas hasil. Selain itu, metode kualitatif semacam itu dapat membantu mengurangi gagasan akurasi yang salah yang mungkin ada ketika berhadapan dengan metode yang kompleks. Selain itu, dapat diterapkan menggunakan data yang ada dan ditingkatkan ketika data tambahan tersedia.

Patut dicatat bahwa probabilitas kejadian hujan yang menyebabkan banjir dan probabilitas kejadian banjir dapat berbeda secara signifikan, karena karakteristik daerah tangkapan, seperti kelembaban tanah, variasi spasial dan temporal dari periode curah hujan, dan kapasitas sistem saluran pembuangan, dapat mempengaruhi besarnya banjir, dan karena itu probabilitasnya. Penyederhanaan yang diadopsi dengan asumsi bahwa kemungkinan banjir perkotaan sama dengan kejadian hujan dianggap dapat diterima untuk kejadian hujan lebat dan, seringkali, ini adalah prosedur yang diadopsi

karena kesulitan dalam memperkirakan periode ulang yang sebenarnya dan selanjutnya kemungkinan peristiwa banjir. Keuntungan lain dari matriks risiko adalah penggunaan dimensi konsekuensi yang berbeda, di sini tiga digunakan. Ketersediaan data juga menjadi salah satu faktor yang dapat membatasi jumlah dimensi.

Diadopsi dari Escuder-Bueno et al. [16] Analisis risiko telah menjadi prioritas utama bagi pihak berwenang dan pemangku kepentingan di banyak negara Eropa, dengan tujuan mengurangi risiko banjir, dengan mempertimbangkan kebutuhan penduduk dan meningkatkan kesadaran akan risiko. Dalam konteks ini, dua bagian metodologis telah dikembangkan pada periode 2009-2011 dalam proyek SUFRI (Strategi Berkelanjutan Manajemen Risiko Banjir Perkotaan) dengan langkah-langkah non-struktural untuk mengatasi risiko residual. Pertama, "Metodologi SUFRI untuk penilaian risiko banjir pluvial dan sungai di daerah perkotaan untuk dasar pengambilan keputusan" menyediakan alat yang komprehensif dan kuantitatif untuk analisis risiko banjir. Kedua, "Metodologi untuk investigasi kesadaran risiko dari populasi yang bersangkutan" menyajikan dasar untuk memperkirakan risiko saat ini dari perspektif sosial dan mengidentifikasi kecenderungan dalam cara banjir yang dipahami oleh warga. Hasil dari kedua metode tersebut bertujuan untuk menginformasikan pengambilan keputusan tentang tindakan perlindungan non-struktural. Hasil dari dua studi kasus diperlihatkan untuk mengilustrasikan aplikasi praktis dari pendekatan yang dikembangkan ini. Keuntungan utama dari penerapan metodologi yang disajikan adalah memberikan estimasi kuantitatif risiko banjir sebelum dan sesudah

berinvestasi dalam tindakan mitigasi risiko non-struktural. Ini bisa sangat menarik bagi pengambil keputusan karena memberikan informasi yang rasional dan solid.

Menurut Leitão et al. [15], untuk menilai risiko banjir, konsekuensinya dapat diperkirakan menggunakan hasil model hidrolik, seperti hasil kecepatan air dan kedalaman air; kemungkinannya diperkirakan berdasarkan periode ulang peristiwa curah hujan historis. Untuk menguji metodologi, digunakan dua kejadian curah hujan dan memperhitungkan tiga dimensi konsekuensi, yaitu: layanan transportasi umum yang terkena dampak, properti yang terkena dampak, dan keselamatan pejalan kaki. Daerah yang paling terkena dampak banjir mudah diidentifikasi. Metodologi yang disajikan terbukti mudah diimplementasikan dan efektif untuk menilai risiko banjir di daerah perkotaan, meskipun sering terjadi kesulitan dalam memperoleh data.

Penilaian risiko

Penilaian risiko meliputi proses identifikasi risiko, analisis risiko dan evaluasi risiko. Matriks risiko adalah pendekatan kualitatif yang umum digunakan untuk memperkirakan risiko dalam situasi di mana data tidak cukup untuk analisis terperinci atau ketika konsekuensi yang harus diperhitungkan bersifat non-numerik. Metode ini juga banyak digunakan untuk menentukan peringkat atau menyaring risiko ketika lebih dari satu risiko diidentifikasi, menyediakan cara untuk memilih risiko yang memerlukan analisis lebih lanjut atau untuk mengidentifikasi risiko yang diterima secara luas. Penerapan matriks risiko memerlukan definisi skala yang tepat untuk mengekspresikan tingkat kemungkinan dan konsekuensi

dari peristiwa potensial, dan definisi matriks untuk memperoleh tingkat risiko untuk setiap kombinasi kemungkinan dan konsekuensi.

Ketidakpastian juga merupakan aspek penting yang harus dipertimbangkan ketika berhadapan dengan pemodelan banjir perkotaan dan penilaian risiko banjir. Beberapa penelitian berfokus pada ketidakpastian yang terkait dengan evaluasi potensi kerusakan banjir di daerah perkotaan. Sumber ketidakpastian antara lain sebagai berikut: (i) input data; (ii) struktur model; (iii) ketidakpastian parameter; dan (iv) ketidakpastian alam dan operasional. Semua sumber ketidakpastian ini berkontribusi pada ketidakpastian keseluruhan yang terkait dengan metodologi penilaian risiko yang disajikan; namun kuantifikasinya berada di luar cakupan penelitian ini dan akan dibahas dalam pengembangan di masa mendatang.

Estimasi kemungkinan

Terjadinya peristiwa banjir tergantung pada berbagai faktor yang terkait dengan tata letak sistem saluran pembuangan, kondisi operasional (misalnya sedimentasi, penyumbatan, dll.), distribusi curah hujan spasial, daerah tangkapan air sebelumnya dan kondisi sistem (misalnya kelembaban tanah dan kapasitas hidrolis saluran pembuangan yang tersedia), kondisi batas hilir (misalnya ketinggian air penerima), dll. Kompleksitas dan waktu yang bervariasi dari faktor-faktor ini merupakan batasan yang parah untuk menentukan periode ulang peristiwa banjir. Selain itu, data tentang peristiwa ini juga langka. Di sini kejadian dicirikan oleh probabilitas kejadian curah hujan terkait mengingat

keterbatasan yang terkait dengan memperoleh kemungkinan setiap kejadian banjir.

Estimasi konsekuensi

Setiap peristiwa yang mempengaruhi tujuan atau kinerja sistem air perkotaan, terlepas dari jenisnya, dapat mengakibatkan konsekuensi potensial dari berbagai jenis, yang di sini disebut dimensi: kesehatan dan keselamatan publik, dampak lingkungan, infrastruktur dan layanan air perkotaan, struktur dan lainnya dampak infrastruktur. Selain itu, konsekuensi juga dapat mencakup dampak sosial-ekonomi pada properti publik dan pribadi, termasuk yang berasal dari gangguan terhadap masyarakat. Estimasi konsekuensi dari peristiwa banjir juga menantang karena variabilitas besar kondisi yang dapat ditemukan di daerah perkotaan. Dimensi konsekuensi yang berbeda harus dievaluasi dengan menggunakan skala yang sebanding; kelas konsekuensi harus memiliki dampak yang sama dari sudut pandang pembuat keputusan, untuk semua dimensi konsekuensi. Kriteria keputusan yang biasa untuk menetapkan nilai risiko pada peristiwa adalah tingkat risiko maksimum, sehingga nilai yang lebih tinggi di semua dimensi konsekuensi yang terkait dengan peristiwa tersebut.

Dimensi konsekuensi yang dapat dipilih terkait dengan dampak fungsional publik dan sosial ekonomi, yaitu kelangsungan pelayanan angkutan umum, jumlah properti yang terkena dampak dan keselamatan pejalan kaki. Metrik yang dipilih untuk menyatakan konsekuensi adalah, masing-masing, gangguan rute angkutan umum, jumlah properti yang

terkena dampak dan kombinasi kedalaman dan kecepatan air (peringkat bahaya).

Penilaian kemungkinan banjir

Langkah pertama untuk memperkirakan kemungkinan hujan lebat dengan cara memperkirakan waktu konsentrasi daerah tangkapan, dan memvalidasi dengan simulasi hidrolik mempertimbangkan kejadian curah hujan panjang dengan intensitas konstan; nilai yang diperoleh adalah sekitar 1 jam. Waktu konsentrasi ini digunakan sebagai durasi hujan untuk penentuan periode ulang kejadian hujan dari kurva Intensitas–Durasi–Frekuensi (IDF) curah hujan untuk kejadian hujan ekstrem di lokasi penelitian. Probabilitas dan kemungkinan untuk masing-masing dari dua kejadian hujan kemudian diperkirakan.

Penilaian konsekuensi banjir

Menerapkan metodologi yang dipilih, daerah rawan banjir dan jalur aliran darat diklasifikasikan menurut kelas dimensi konsekuensi yang ditentukan. Kedalaman air lebih tinggi dari 0,2 atau 0,3 m diperoleh untuk daerah rawan banjir, dan diperhitungkan untuk memperkirakan konsekuensi banjir dan risiko banjir untuk layanan transportasi umum dan dimensi konsekuensi properti yang terkena dampak. Mempertimbangkan dimensi konsekuensi keselamatan pejalan kaki, baik daerah rawan banjir maupun jalur aliran darat dipertimbangkan; diasumsikan bahwa daerah rawan banjir memiliki genangan air, yaitu kecepatan nol.

Menurut Barbaro et al. [17] pengaturan umum kerangka yang diusulkan di sini dimulai dengan asumsi bahwa

beberapa kota memiliki data topografi dan/atau hidrologi yang tidak lengkap untuk pemodelan banjir perkotaan. Ini adalah situasi kritis, karena kurangnya kumpulan data yang tepat untuk tujuan kalibrasi dapat memberikan sedikit kepercayaan pada hasil. Sulit untuk memastikan pilihan desain yang bertujuan untuk mengoptimalkan solusi banjir perkotaan. Lebih jauh lagi, pilihan-pilihan ini mungkin menyiratkan tindakan adaptasi yang mahal dalam konteks yang dibatasi oleh urbanisasi itu sendiri. Semakin tinggi ketidakpastian, semakin buruk proses pengambilan keputusan dan kemungkinan konsekuensinya.

Dalam konteks ini, dapat diusulkan kombinasi dua model konsepsi yang berbeda dalam prosedur yang berlebihan untuk membangun amplop hasil, menciptakan ruang kepercayaan. Kemudian, dilakukan eksplorasi langkah-langkah LID dalam batas yang ditentukan oleh urbanisasi dan, terakhir, diperkenalkan strategi sistem peringatan untuk mengurangi risiko dan meningkatkan ketahanan sistem yang menjadi lebih aman dari kegagalan.

Penting untuk digarisbawahi bahwa DAS yang digunakan dalam studi kasus rentan terhadap banjir bandang karena fitur morfologi dan iklim, dan tidak ada data terukur untuk mengkarakterisasi banjir secara tepat. Satu-satunya informasi yang tersedia mengacu pada identifikasi titik banjir kritis dengan perkiraan kedalaman banjir dan perluasan banjir. Kontrol LID diambil sebagai dasar untuk mendukung langkah-langkah struktural, berusaha untuk meningkatkan kealamian DAS (sebanyak mungkin, mengingat pendudukan perkotaan yang padat) dan bertindak baik di tingkat wilayah perkotaan dan pada skala DAS. Langkah-langkah nonstruktural

melengkapi langkah-langkah struktural dan mengacu pada pemetaan banjir dan pengembangan sistem peringatan dini, terutama berfokus pada reorganisasi mobilitas kota dan definisi daerah aman. Tindakan non-struktural yang saling melengkapi membantu kota-kota untuk hidup berdampingan dengan banjir dengan cara yang lebih tangguh.

Menurut Diaconu et al. [18], perlu menyoroiti berbagai metode yang digunakan dalam penelitian. Analisis rinci memungkinkan untuk dilakukan identifikasi dan klasifikasi metodologi yang diusulkan dalam sepuluh kategori, yaitu: teknik penginderaan jauh, teknik sistem informasi geografis (GIS), metode gabungan (GIS-pembelajaran mesin, GIS-pemodelan-simulasi), pemodelan dan simulasi, analisis statistik, metode pembelajaran mesin, perbandingan, survei dan wawancara, metode evaluasi, dan metode statistik dan matematika. Di antara metodologi ini, pendekatan metodologis yang paling populer adalah pemodelan dan simulasi (hidrologi, hidrolik, hidrodinamik), yang mewakili 24% dari total penelitian terdahulu.

Peran teknologi geospasial, penginderaan jauh dan GIS, telah menjadi langkah penting dalam pemodelan banjir, peramalan, dan penilaian bahaya. Pemodelan banjir membutuhkan analisis untuk memperoleh, memelihara, dan secara luas menggunakan database spasial. Penginderaan jauh dan GIS adalah teknik yang sangat baik yang dapat memenuhi persyaratan ini.

Peran penginderaan jauh dalam pemodelan hidrologi DAS sebagai bagian dari seluruh proses pemodelan limpasan adalah karena kemampuannya untuk menyediakan data spasial yang berkesinambungan, pengukuran variabel hidrologi yang

tidak tersedia melalui teknik tradisional, dan terutama kemampuannya untuk menyediakan data global, misalnya jangka panjang.

Teknik pemodelan dan simulasi mengacu pada pemodelan banjir sebagai proses transformasi curah hujan menjadi hidrograf banjir. Dengan cara ini, banjir didekati secara fisik atau matematis (menggunakan persamaan matematis) di mana hubungan di antara mereka mewakili keadaan saat masuk dan keluar sistem. Sistem informasi geografis (SIG) telah meningkatkan pentingnya penginderaan jauh dengan meningkatkan efisiensi pemodelan spasial. Proses ini telah meningkatkan kemampuan untuk memperkirakan model hidrologi.

Model hidrologi adalah representasi matematis dari proses hidrologi di suatu daerah aliran sungai dalam bentuk yang disederhanakan. Itu digunakan terutama untuk memahami dan menjelaskan proses hidrologi dan untuk prediksi hidrologi. Model ini bisa dari jenis yang berbeda, tergantung pada jenis pendekatannya: deterministik atau stokastik. Suatu model hidrologi bersifat deterministik jika merepresentasikan proses-proses fisik di suatu DAS tanpa mempertimbangkan keacakan. Ini menjadi model stokastik ketika memasukkan variabel representasi matematis acak dan probabilitas distribusinya dalam ruang parameter.

Di sisi lain, model hidrolis yang digunakan menunjukkan evolusi aliran air untuk mensimulasikan pergerakan air selama banjir, di sepanjang saluran air, waduk, dan struktur hidrolis. Salah satu sistem pemodelan hidrologi dan hidrolis yang paling banyak digunakan adalah sistem analisis sungai (RAS) HEC. Pusat Rekayasa Hidrologi – Sistem

Pemodelan Hidrologi (HEC-HMS) adalah sistem pemodelan umum yang dirancang untuk mensimulasikan proses presipitasi-limpasan sistem dendritik DAS dengan berbagai penerapan. HEC RAS adalah sistem perangkat lunak terintegrasi yang dirancang untuk mengoperasikan perhitungan hidraulik satu dimensi untuk jaringan lengkap saluran alami dan buatan.

Metodologi gabungan menggunakan campuran teknik penginderaan jauh dan GIS dengan pemodelan dan simulasi, statistik, atau integrasi algoritma pembelajaran mesin. Beberapa tahun terakhir telah menunjukkan kepada kita diversifikasi dalam pendekatan metodologis yang diusulkan oleh para peneliti, sehingga semakin banyak penelitian yang menggunakan metodologi berdasarkan pembelajaran mesin dan metode komparatif mulai diterbitkan. Penggunaan metode gabungan juga semakin menarik minat para peneliti.

Teori matematika adalah pendekatan pertama untuk pola banjir, terutama menggunakan data hidrologi. Berdasarkan data yang ada, model baru telah dibuat untuk area dengan karakteristik serupa. Statistik digunakan segera setelah database memungkinkan pemrosesan mereka dengan hasil yang baik. Perkembangan teknik GIS telah memungkinkan spesialisasi metodologi ini, yang mengarah ke metode gabungan.

Analisis statistik digunakan terutama dalam memperkirakan frekuensi banjir. Sampai tahun 1966, distribusi yang paling banyak digunakan untuk analisis frekuensi banjir adalah distribusi nilai ekstrim tipe I, disebut juga distribusi Gumbel, diikuti oleh lognormal. Kedua sebaran di atas masih umum digunakan, yang biasa disebut dalam hidrologi sebagai Pearson tipe III dan log-Pearson tipe III.

Teknik penginderaan jauh merupakan langkah awal, yang dilanjutkan dengan metode yang didasarkan pada teknik GIS, pemodelan, dan simulasi, dan baru-baru ini pada metode pembelajaran mesin. Perkembangan teknik pemrosesan data dalam volume besar dan penggunaan sejumlah besar parameter memungkinkan pengembangan pendekatan metodologis baru dengan presisi tinggi untuk mengurangi efek yang disebabkan oleh banjir.

B. Alternatif Pendekatan Penyelesaian Masalah

Jalan yang difungsikan untuk meresapkan air, dapat direncanakan dan dibuat berdasarkan konsep *Sustainable Urban Drainage System (SUDS)*, atau konsep *Low Impact Development (LID)*, atau konsep *Integrated Flood Management (IFM)* yang akan diuraikan berikut ini.

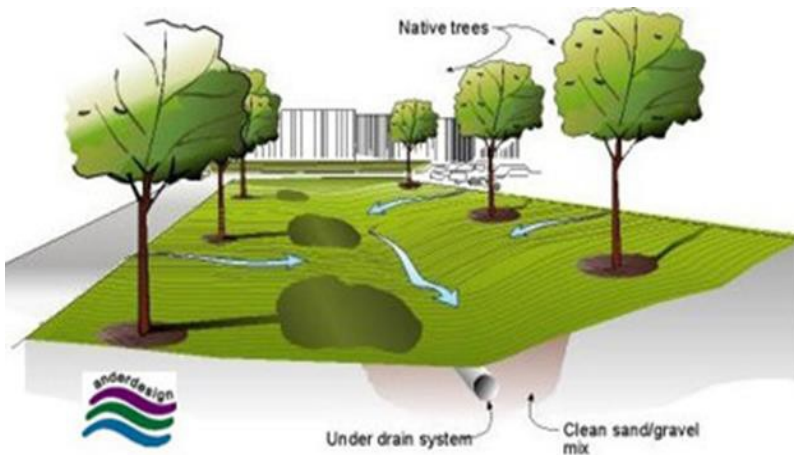
1. Konsep Low Impact Development

Menurut Anonim [19] *low impact development (LID)* atau dapat diterjemahkan sebagai pembangunan berdampak rendah (terhadap lingkungan) adalah strategi pembangunan berdampak rendah yang membuat sistem perkerasan berperan hidrologis mampu menyalurkan air permukaan ke lapisan dibawahnya dan ekonomis karena meminimalisasi sistem drainase. Menurut Guillette [20] LID adalah suatu alternatif strategi perencanaan pengembangan suatu kawasan yang menggunakan teknik infiltrasi dan penyimpanan air baik secara alami maupun rekayasa untuk mengendalikan air hujan. LID menggabungkan praktek-praktek konservasi melalui pengendalian limpasan air hujan dan pencegahan polusi untuk menjaga fungsi DAS terkait siklus hidrologi. Tujuan LID adalah menyebarkan

perangkat LID secara merata di seluruh kawasan untuk meminimalkan limpasan. LID memperkenalkan kembali konsep fungsi hidrologi dan lingkungan yang berbeda dengan manajemen air hujan konvensional. LID membantu menjaga keseimbangan neraca air pada kawasan dan mengurangi efek negatif sistem perpipaan tradisional terhadap saluran air dan pasokan air tanah. Perangkat LID menyediakan area untuk menahan air sementara, meningkatkan infiltrasi, memungkinkan terjadinya pembuangan nutrisi (polutan); dan mengontrol pelepasan air hujan ke saluran air yang terdekat. Beberapa contoh teknologi LID sebagai berikut:

- Sistem buatan yang menyaring air hujan dari lahan parkir dan lapisan permukaan tembus air lainnya, misalnya *bioretention cells*, *filter strips*, dan filter bak pohon (*tree box filters*);
- Sistem buatan yang menahan (atau menyimpan) air hujan dan secara perlahan menyerapkannya ke dalam tanah, misalnya fasilitas pengumpulan air bawah tanah yang ada di bawah lahan parkir, *bioretention cells*, dan parit-parit resapan air;
- Modifikasi infrastruktur untuk mengurangi jumlah lahan yang tidak tembus air, misalnya jalan tanpa beton pembatas dan selokan (*curbless and gutterless*), pengurangan lebar jalan;
- Daerah vegetasi berteknologi rendah yang berfungsi untuk menyaring, mengarahkan, dan mempertahankan air hujan seperti taman hujan dan *bio-swales*;
- Bahan inovatif yang membantu memecah (*disconnect*) permukaan tidak tembus air, atau bahan yang terbuat dari bahan daur ulang seperti beton berpori, perkerasan

- permeabel, atau lokasi yang terbuat dari limbah daur ulang;
- Sistem pengumpulan air seperti fasilitas pengumpulan bawah permukaan, waduk, atau bak/tong penampung hujan; dan
 - Kawasan bervegetasi, alami maupun buatan.



Gambar 3.1. *Bio-swale schematic (Courtesy Pierce County/WSU Extension)*

Berdasarkan lampiran Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 12/Prt/M/2009 Tanggal: 24 Juni 2009, beberapa terminologi dapat dijabarkan sebagai berikut:

- 1) Sel bio retensi (*bioretention cells*) adalah tipe LID berupa campuran tanah dengan kelembaban di atas lapisan batu beserta tanaman yang tahan terhadap kondisi basah dan kering yang berfungsi menampung dan mengalirkan air resapan ke lapisan dibawahnya selama 24 jam yang merupakan masukan

untuk air tanah dan tidak memberi kesempatan terjadi genangan dan kemungkinan berkembangbiaknya nyamuk. Digunakan pada pulau, pada area parkir, tepi dari area perkerasan, disisi-sisi bangunan, jalur median, ruang terbuka dan area rerumputan.

- 2) Semak alami (*bio-swales*) adalah area dengan tumbuhan seperti area rerumputan dan tanaman pendek.
- 3) Jalur filter (*filter strip*) adalah tipe LID berupa area jalur bertanaman pekat/padat yang berfungsi menahan semburan air, menampung air permukaan yang bila sudah jenuh akan menjadi media pengantar ke sistem bioretention cell dibawahnya atau area resapan didekatnya. Digunakan untuk tepian area perkerasan (jalan atau area parkir), pulau-pulau pada area parkir, ruang terbuka, atau disekitar bangunan.

Sumber: Anonim, 2009b [19]

2. **Konsep Sustainable Urban Drainage Systems**

Menurut Jones [21] *sustainable urban drainage systems (SUDS)*, atau diterjemahkan sebagai sistem drainase perkotaan berkelanjutan adalah suatu konsep yang banyak diperdebatkan. Istilah berkelanjutan dapat diinterpretasikan dalam banyak makna. Untuk tujuan dalam aspek desain, keberlanjutan dimaknai sebagai pengendalian sumber (*source control*). Setiap air hujan yang jatuh ke tanah akan ditangkap dan dikendalikan secara efektif pada lahan dimana air hujan tersebut berasal. Karenanya, kita dapat mengendalikan air hujan persis di tempat dimana air hujan tersebut berasal.

Sebagai konsep perencanaan, SUDS lebih difokuskan pada pengendalian limpasan, dimana intensitas hujan yang jatuh akan dialirkan ke lahan yang secara efektif dapat menahan limpasan dan selanjutnya meresapkan air hujan ke dalam tanah. Sistem yang digunakan dalam penerapan drainase berkelanjutan terdiri dari tiga elemen yang berbeda, yaitu :

- 1) Elemen peresapan, yang berfungsi untuk meresapkan seluruh limpasan ke dalam tanah.
- 2) Elemen pengendalian limpasan, yang berfungsi untuk mengendalikan genangan pada suatu areal.
- 3) Kombinasi dari kedua elemen tersebut di atas, yaitu mengendalikan genangan dan meresapkannya kembali ke dalam tanah. Penggunaan perkerasan berpori (misal: paving blok), merupakan salah satu teknologi sistem penampungan dan peresapan limpasan permukaan yang juga dapat menghambat laju aliran [22].

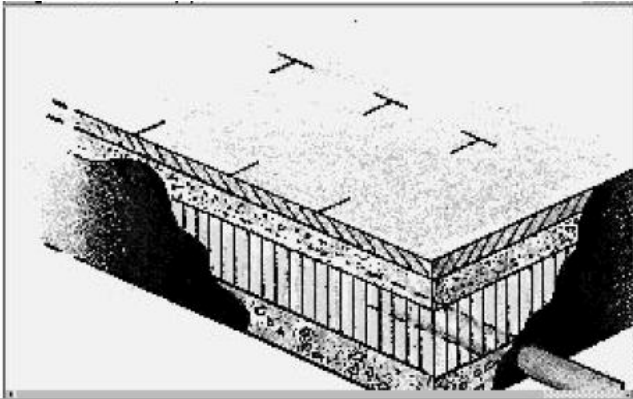
Keuntungan dari penggunaan SUDS atau drainase sistem peresapan adalah mengurangi limpasan air hujan pada daerah hilir dengan cara menahannya di bagian hulu. Selain itu, air hujan yang diresapkan ke dalam tanah dapat meningkatkan muka air tanah.

Berikut ini adalah beberapa teknologi drainase sistem peresapan yang telah dikembangkan dan diterapkan di beberapa lokasi di Inggris.

- 1) Lahan Parkir Berpori, selain dapat menampung air hujan yang jatuh juga dapat meresapkannya ke dalam tanah.
- 2) *Stormcell*, merupakan teknologi pengendali limpasan yang diletakkan di bawah permukaan tanah.

Teknologi ini mempunyai keuntungan yaitu konstruksinya ringan dan mudah dikerjakan.

- 3) *Garastor*, merupakan teknologi terapan skala rumah tangga untuk mengendalikan air hujan yang jatuh di atap bangunan yang ditanam di bawah garasi rumah atau di halaman.



Gambar 3.2. Lahan Parkir Berpori



Gambar 3.3. *Stormcell*



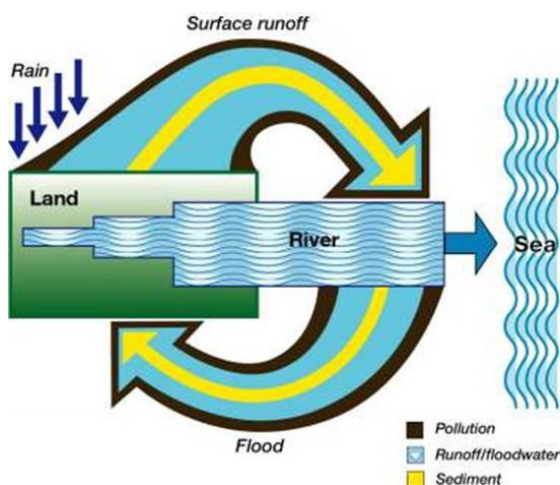
Gambar 3.4. *Garastor*

3. **Konsep *Integrated Flood Management (IFM)***

Menurut APFM [23] *integrated flood management (IFM)*, atau diterjemahkan sebagai pengelolaan banjir terpadu adalah proses mempromosikan pendekatan keterpaduan, bukan terfragmentasi, dalam pengelolaan banjir. Proses tersebut mengintegrasikan pengembangan lahan dan sumber daya air di DAS dalam konteks *integrated water resources management (IWRM)*, dan bertujuan memaksimalkan manfaat bersih dari dataran banjir dan meminimalkan kerugian hidup dari banjir.

Secara global, lahan paling produktif terletak di dataran banjir. Ketika pelaksana kebijakan memaksimalkan efisiensi penggunaan sumber daya wilayah sungai secara keseluruhan, upaya-upaya harus dilakukan untuk mempertahankan atau meningkatkan produktivitas dataran banjir. Di sisi lain, kerugian ekonomi dan kehidupan manusia akibat banjir tidak dapat diabaikan. Pengelolaan banjir terpadu mengubah paradigma tradisional, yang merupakan

pendekatan terfragmentasi. Pengelolaan banjir terpadu mengakui wilayah sungai sebagai sistem yang dinamis di mana terdapat banyak interaksi antara daratan dan badan air. Tujuan IFM tidak hanya untuk mengurangi kerugian akibat banjir tetapi juga untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan dataran banjir, terutama di daerah dengan sumberdaya lahan yang terbatas.



Gambar 3.5. Interaksi antara tanah/daratan dan badan air sebagai suatu sistem yang dinamis (sumber: APFM, 2009)

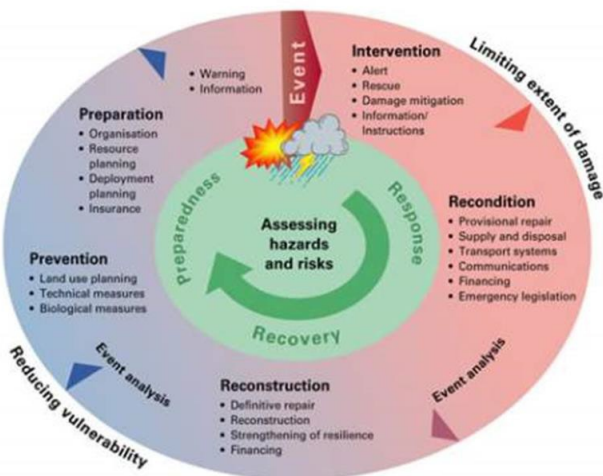
Upaya untuk mengurangi risiko banjir dapat dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu:

1. Mengurangi potensi bahaya banjir
2. Mengurangi tingkat kerentanan, atau dengan kata lain, meningkatkan ketahanan terhadap bahaya banjir

Prinsip pengelolaan banjir terpadu:

1. Manajemen risiko, meliputi:
 - a. Siaga banjir

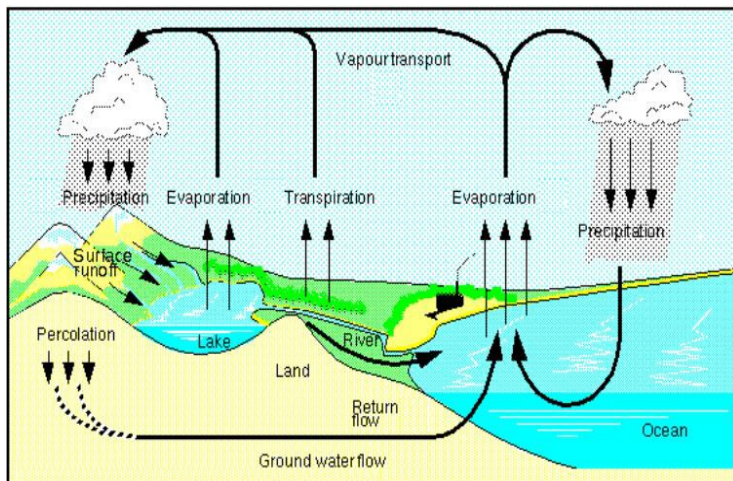
- b. Mitigasi dan tanggap bencana banjir
- c. Pemulihan dan rehabilitasi



Gambar 3.6. Siklus penilaian bahaya dan risiko
(Sumber: APFM, 2009)

2. Siklus air sebagai satu kesatuan
 - a. Pengelolaan banjir dan kekeringan
 - b. Memanfaatkan air banjir secara efektif
 - c. Interaksi antara air tanah dan air permukaan
3. Pendekatan penanganan bencana terpadu
 - a. Strategi pengelolaan bencana lintas sektoral
 - b. Kajian risiko bencana
 - c. Peramalan dan peringatan bencana
4. Pendekatan daerah aliran sungai (DAS), dan bukan pendekatan daerah administratif.

5. Partisipasi masyarakat, yaitu pelibatan masyarakat mulai dari identifikasi masalah, perencanaan, pengambilan keputusan dan pelaksanaan.



Gambar 3.7. Siklus air atau siklus hidrologi
(Sumber: APFM, 2009)

Pengelolaan banjir terpadu merupakan integrasi antara:

- a. Pengelolaan air dan tanah
- b. Daerah hulu dan hilir
- c. Kegiatan struktural dan non struktural
- d. Jangka pendek, menengah, dan panjang
- e. Pengelolaan tingkat daerah setempat dan tingkat DAS
- f. Pengambilan keputusan *top down* dan *bottom up*
- g. Kebutuhan pembangunan berbasis social, ekonomi dan ekologi
- h. Lembaga-lembaga terkait

Pengelolaan banjir terpadu juga diarahkan untuk meningkatkan sistem ketahanan banjir masyarakat:

4. Tujuan: untuk mengarahkan dan mempersiapkan masyarakat agar memiliki ketahanan yang tinggi terhadap bahaya banjir, serta dapat hidup nyaman dan aman meskipun berada dekat dengan potensi terjadinya banjir.
5. Sifat: Sangat fleksibel, dan terbuka untuk penyesuaian maupun perubahan (bila diperlukan)
6. Komponen:
 - a. Komponen infrastruktur
 - b. Komponen kelembagaan
 - c. Komponen Masyarakat



Gambar 3.8. Hidup nyaman dan aman bersama banjir (Sumber: APFM, 2009)

Strategi	Kegiatan
Memperkecil banjir	<ul style="list-style-type: none"> • Pemulihan kondisi dan fungsi DAS • Penataan ruang berbasis <i>flood zoning</i> • Sistem Drainase berbasis DAS • Perbaikan saluran dan pengerukan • Peningkatan RT/RTH → parkir air sementara • Penegakan Perda tentang sumur resapan
Mengurangi kerawanan/ kerentanan	<ul style="list-style-type: none"> • Penegakan aturan sempadan sungai • Rekayasa di dataran banjir (jalan/lahan parkir berpori, rumah panggung, paving, dll) • Sistem peramalan banjir dan peringatan dini • <i>Flood proofing</i> → swadaya masyarakat namun terintegrasi
Mengurangi dampak bencana banjir	<ul style="list-style-type: none"> • Informasi dan edukasi • Peningkatan siaga bencana • Pemulihan pasca banjir (dana, SDM, peralatan, dll) • Asuransi kerusakan karena banjir
Melindungi sumberdaya alam	<ul style="list-style-type: none"> • Pengaturan dan <i>zoning</i> dataran banjir.

Tabel 3.1. Strategi dan kegiatan pengelolaan banjir terpadu

Monitoring dan evaluasi pengelolaan banjir terpadu:

- 1) Pengelolaan banjir merupakan proses jangka panjang, dan bukan proyek sesaat. Perlu sistem monitoring dan evaluasi secara periodik.
- 2) Evaluasi pertama dilakukan setelah 5 – 10 tahun setelah implementasi.
- 3) Dalam kurun waktu tersebut dapat dilakukan penyesuaian bila memang diperlukan.

Indikator pengelolaan banjir terpadu:

1. Indikator Proses:

- a. Dana yang disediakan untuk pelaksanaan program
- b. Jumlah pertemuan konsultasi masyarakat (PKM) tentang pengelolaan banjir.

- c. Jumlah pekerjaan fisik yang dilakukan, kerjasama pemerintah dengan masyarakat setempat, atau swadaya masyarakat
 - d. Rencana pengelolaan banjir yang sudah disiapkan dan diimplementasikan
2. Indikator Hasil:
- a. Rencana pengelolaan banjir yang dapat diterima oleh masyarakat.
 - b. Jumlah masyarakat yang peduli terhadap risiko banjir.
 - c. Adanya sistem peringatan banjir yang dapat diandalkan
3. Indikator Dampak:
- a. Jumlah investasi yang masuk
 - b. Jumlah korban jiwa
 - c. Jumlah kerugian banjir.

4. Konsep dan Penelitian Terkait Genangan di Jalan

Badan Penanggulangan Bencana di Indonesia (2007) dalam modul penanggulangan bencana menyatakan bahwa pada umumnya banjir yang berupa genangan bersifat merusak. Aliran arusnya cepat sebagai akibat dari faktor kemiringan jalan, dan bergolak (*turbulent*) sebagai akibat faktor kekasaran jalan. Meskipun tidak terlalu dalam tapi dapat menghanyutkan benda-benda di sekitarnya bahkan manusia. Aliran air yang membawa material tanah yang halus akan mampu menyeret material yang lebih berat sehingga daya rusaknya akan semakin tinggi. Air genangan yang pekat ini akan mampu merusakkan jalan, pondasi bangunan, dan lainnya yang dilewati sehingga menyebabkan kerusakan yang parah pada bangunan-bangunan tersebut.

Sutherland et al (1996) dalam *Melbourne Land Development Manual – Floodway Safety Criteria Model Guideline version 2* menyatakan bahwa jalan-jalan pada daerah perumahan dapat digunakan sebagai saluran banjir pada saat periode hujan. Jalan-jalan tersebut merupakan bagian-bagian yang terintegrasi dengan sistem drainase utamanya dan berfungsi sebagai saluran banjir pada saat debit aliran yang terjadi melebihi kapasitas saluran drainase.

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan yaitu kedalaman aliran yang diijinkan di atas penampang melintang jalan dan genangan tertinggi yang secara alami terjadi di sekitar alur menuju ke saluran drainase. Kala ulang hujan yang digunakan 50 tahun untuk jalan perumahan, 100 tahun untuk jalan arteri dan jalan kolektor.

Batasan-batasan angka keamanan yang direkomendasikan menurut Sutherland, dkk (1996), sebagai berikut :

Untuk jalan lurus dengan permukaan rata :

$$V_{av,dav} \leq 0.35 \text{ m}^2/\text{s}, \text{ and } d_{av} \leq 0.30\text{m}$$

(untuk kelandaian memanjang 1 : 200, dan lebar jalan 16 m, $V_{av,dav}$ akan dikontrol dengan $d_{max} = 0.42 \text{ m}$)

Untuk jalan bergelombang :

$$\text{Crests} - V_{av,dav} \leq 0.35 \text{ m}^2/\text{s}, \text{ and } d_{av} \leq 0.30 \text{ m}$$

$$\text{Dips} - V_{av,dav} \leq 0.30 \text{ m}^2/\text{s}, \text{ and } d_{av} \leq 0.60 \text{ m}$$

(untuk kelandaian memanjang perkerasan 1:200, lebar jalan 16 m dan kemiringan rata-rata puncak gelombang 1: 800, lembah gelombang yang terbentuk akan membatasi debit

puncak dengan $d_{max} \leq 0.8$ meter). Analisis backwater perlu dilakukan untuk verifikasi dengan kondisi jalan yang sesungguhnya.

Dalam hal ini :

V_{av} = Kecepatan rata-rata aliran pada penampang melintang jalan

d_{av} = Kedalaman aliran rata-rata pada penampang melintang jalan

d_{max} = Kedalaman aliran maksimum.

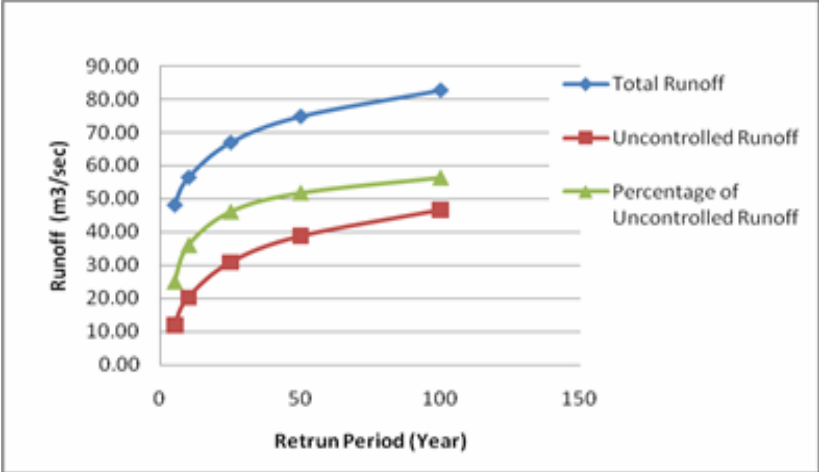
Menurut Sedyowati dkk [8], pada persimpangan jalan, khususnya pada titik-titik amatan di perumahan Taman Sulfat, terjadi aliran balik (*backwater*). Hal ini ditandai dengan kenaikan muka air pada ujung hilir semua ruas jalan yang merupakan titik pertemuan. Selain itu juga ditandai dengan kecepatan aliran yang lebih rendah pada daerah di sekitar titik. Rasio kelandaian memanjang jalan (perbandingan antara kelandaian jalan cabang dengan jalan utama pada persimpangan jalan) secara umum mempunyai hubungan dan pengaruh negatif terhadap kecepatan aliran, namun pada kisaran rasio kelandaian memanjang jalan antara antara 1,05 sampai dengan 1,85 terjadi hubungan yang positif. Hubungan kedua variabel dinyatakan dalam bentuk Model Polinomial dengan koefisien determinasi sebesar 38,18% dan hasil Uji F sebesar 4,94. Debit limpasan mempunyai hubungan yang sangat erat terhadap kecepatan aliran yang dinyatakan dalam bentuk Model Eksponensial dengan koefisien determinasi sebesar 82% dan hasil Uji F sebesar 36,52. Kecepatan aliran mempunyai hubungan dan pengaruh negatif yang cukup erat terhadap tinggi genangan yang

dinyatakan dalam bentuk Model Eksponensial dengan koefisien determinasi sebesar 47,54% dan hasil Uji F sebesar 7,25. Rasio kelandaian memanjang jalan mempunyai hubungan dan pengaruh positif yang cukup erat terhadap bilangan tidak berdimensi Froude Number yang dinyatakan dalam bentuk Model Eksponensial dengan koefisien determinasi sebesar 29,46% dan hasil Uji F sebesar 3.34.

Rasio kelandaian optimum pada lokasi studi adalah 0,75 dimana tinggi genangan yang terjadi masih pada batas yang diijinkan. Selain itu diketahui pula bahwa hujan dengan kala ulang 5 tahun sudah menyebabkan terjadinya genangan yang melebihi tinggi genangan yang diijinkan.

Pada Tahun 2014, Sedyowati [24] melakukan penelitian tentang pengaruh sistem drainase dan ruang terbuka hijau (RTH) eksisting terhadap debit limpasan yang terjadi pada daerah studi dan tinggi genangan di jalan, sebagai dasar pengembangan RTH sebagai bentuk implementasi dari SUDS atau sistem drainase perkotaan berkelanjutan. Langkah penelitian berupa observasi lapangan dan analitik dengan tahapan kegiatan: analisis karakteristik hujan dengan berbagai kala ulang menggunakan data historis 10 tahun terakhir; analisis tutupan lahan dan kapasitas ruang terbuka hijau eksisting; analisis kapasitas sistem drainase eksisting; analisis debit limpasan total dan debit limpasan yang tidak dikendalikan oleh sistem drainase dan RTH eksisting. Hasil penelitian menunjukkan bahwa apasitas total sistem drainase dan RTH eksisting sebesar 36,066 m³/detik. Besarnya debit yang tidak dikendalikan pada kala ulang 5 thn, 10 thn, 25 thn, 50 thn dan 100 thn berturut-turut sebesar 11,95 m³/dt; 20,28 m³/dt; 30,82 m³/dt; 38,68 m³/dt; 46,56 m³/dt.

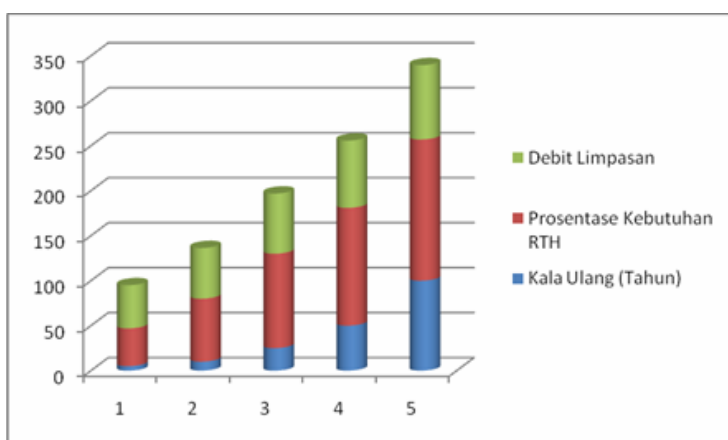
Debit limpasan yang tidak terkendali menyebabkan terjadinya genangan di ruas jalan pada daerah studi dengan tinggi genangan antara 22 - 35 cm.



Gambar 3.9. Pengaruh sistem drainase dan RTH eksisting dalam penurunan debit limpasan pada daerah studi.

Sedyowati dkk [25] melakukan penelitian tentang bagaimana luas dan jenis RTH yang dibutuhkan untuk mengendalikan debit limpasan permukaan yang tidak dapat ditampung oleh sistem drainase maupun RTH eksisting agar tidak terjadi genangan khususnya pada ruas jalan utama Kota Malang. Langkah penelitian berupa observasi lapangan dan analitik dengan tahapan kegiatan; analisis ketersediaan ruang terbuka untuk dikembangkan sebagai RTH; analisis kebutuhan RTH; analisis rencana pengembangan RTH untuk mengendalikan seluruh limpasan permukaan pada daerah studi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ruang terbuka yang dapat dikembangkan sebagai RTH berjumlah 14 lokasi dengan total luas 1,955 km² atau 26% dari seluruh luas daerah

studi. Kapasitas maksimal rencana RTH dalam mengendalikan debit limpasan sebesar 8,179 m³/detik. Kapasitas RTH yang masih dibutuhkan untuk mengendalikan seluruh debit limpasan pada daerah studi untuk kala ulang 5, 10, 25, 50, 100 tahun masing-masing sebesar 3,77; 12,10; 22,64; 30,50; 38,38 m³/detik. Luas RTH yang masih dibutuhkan untuk mengendalikan seluruh debit limpasan pada seluruh daerah studi untuk kala ulang 5, 10, 25, 50, 100 tahun masing-masing seluas 0,941; 3,024; 5,656; 7,621; 9,589 km².



Gambar 3.10. Hubungan antara debit limpasan dengan kebutuhan RTH

Bab 4

Pengelolaan Banjir Terpadu

Diadopsi dari APFM [23], Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu (IWRM), sebagaimana didefinisikan oleh Kemitraan Air Global, adalah “suatu proses yang mempromosikan pengelolaan dan pengembangan yang terkoordinasi dari air, tanah dan sumber daya terkait, untuk memaksimalkan kesejahteraan ekonomi dan sosial yang dihasilkan secara adil tanpa mengorbankan keberlanjutan ekosistem vital”. Pendekatan ini mengakui bahwa satu intervensi memiliki implikasi bagi sistem secara keseluruhan dan bahwa integrasi pembangunan dan pengelolaan banjir dapat menghasilkan banyak manfaat dari satu intervensi.

Integrated Flood Management (IFM) mengintegrasikan pengembangan sumber daya lahan dan air di daerah aliran sungai, dalam konteks Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu, dengan tujuan untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan dataran banjir dan meminimalkan kerugian jiwa dan harta benda. Pengelolaan Banjir Terpadu, seperti Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu, harus mendorong partisipasi pengguna, perencana, dan pembuat kebijakan di semua tingkatan. Pendekatannya harus terbuka, transparan, inklusif, dan komunikatif; harus memerlukan desentralisasi pengambilan keputusan; dan harus mencakup konsultasi publik dan keterlibatan pemangku kepentingan dalam perencanaan dan pelaksanaan.

Pengelolaan banjir sebagai masalah tersendiri hampir selalu menghasilkan pendekatan yang terlokalisasi sedikit demi sedikit. Pengelolaan Banjir Terpadu menyerukan perubahan paradigma dari pendekatan tradisional yang terfragmentasi, dan mendorong penggunaan sumber daya DAS secara keseluruhan secara efisien, menggunakan strategi untuk mempertahankan atau menambah produktivitas dataran banjir, sementara pada saat yang sama memberikan tindakan perlindungan terhadap banjir. Kerugian akibat banjir. Pembangunan berkelanjutan melalui Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu bertujuan untuk perbaikan berkelanjutan dalam kondisi kehidupan semua warga negara dalam lingkungan yang bercirikan pemerataan, keamanan, dan kebebasan memilih. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu memerlukan integrasi baik sistem alam dan manusia serta pengelolaan lahan dan air. Baik pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi memberikan tekanan yang cukup besar pada sumber daya alam suatu sistem. Meningkatnya tekanan penduduk dan meningkatnya kegiatan ekonomi di dataran banjir, seperti pembangunan gedung dan infrastruktur, semakin meningkatkan risiko banjir. Dataran banjir memberikan peluang mata pencaharian yang sangat baik dan mudah secara teknis dalam banyak kasus. Di negara-negara berkembang dengan ekonomi utama pertanian, ketahanan pangan identik dengan keamanan mata pencaharian.

Pendekatan ekosistem adalah strategi pengelolaan lahan, air, dan sumber daya hayati secara terpadu, strategi yang mengedepankan konservasi dan pemanfaatan berkelanjutan secara berkeadilan. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu dan Pengelolaan Banjir Terpadu mencakup prinsip-prinsip utama

pendekatan ekosistem dengan mempertimbangkan seluruh ekosistem DAS sebagai satu kesatuan dan dengan memperhitungkan dampak intervensi ekonomi di DAS secara keseluruhan. Kelestarian lingkungan dari opsi pengelolaan banjir merupakan salah satu prasyarat dalam IFM.

Pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dan efektif menuntut pendekatan holistik, yang menghubungkan pembangunan sosial dan ekonomi dengan perlindungan ekosistem alam dan menyediakan hubungan pengelolaan yang tepat antara penggunaan lahan dan air. Oleh karena itu, bencana terkait air, seperti banjir dan kekeringan, karena berperan penting dalam menentukan pembangunan berkelanjutan, perlu diintegrasikan ke dalam pengelolaan sumber daya air.

Pendekatan holistik untuk perencanaan dan manajemen darurat lebih disukai daripada pendekatan khusus bahaya, dan IFM harus menjadi bagian dari sistem manajemen risiko yang lebih luas. Pendekatan ini mendorong pertukaran informasi terstruktur dan pembentukan hubungan organisasi yang efektif. Dalam perencanaan pengelolaan banjir terpadu, mencapai tujuan bersama dari pembangunan berkelanjutan memerlukan proses pengambilan keputusan dari sejumlah otoritas pembangunan yang terpisah dikoordinasikan. Setiap keputusan yang mempengaruhi respon hidrologi DAS harus memperhitungkan setiap keputusan serupa lainnya.

Manajemen adaptif menawarkan pendekatan yang kuat namun fleksibel untuk menghadapi ketidakpastian ilmiah, sebuah pendekatan di mana keputusan dibuat sebagai bagian dari proses berbasis sains yang berkelanjutan. Ini melibatkan perencanaan, tindakan, pemantauan, dan evaluasi strategi yang

diterapkan, dan memodifikasi kebijakan, strategi, dan praktik manajemen ketika pengetahuan baru tersedia. Manajemen adaptif secara eksplisit mendefinisikan hasil yang diharapkan; menentukan metode untuk mengukur kinerja; mengumpulkan dan menganalisis informasi untuk membandingkan harapan dengan hasil aktual; belajar dari perbandingan; dan mengubah tindakan dan rencana yang sesuai.

Air akan menjadi media utama di mana efek yang diharapkan dari perubahan iklim akan terwujud. Perubahan iklim dan peningkatan variabilitas iklim akan mempengaruhi proses banjir dalam beberapa cara secara bersamaan. Kenaikan permukaan laut akan menempatkan masyarakat pesisir pada risiko banjir yang lebih tinggi. Dan perubahan pola curah hujan akan menyebabkan peningkatan kejadian banjir bandang dan, di beberapa daerah, banjir sungai. Pengelolaan Banjir Terpadu memperhitungkan efek yang diharapkan tersebut dan, oleh karena itu, merupakan strategi adaptasi otonom terhadap variabilitas dan perubahan iklim.

A. Pendahuluan

Berulangnya anomali curah hujan ekstrim yang mengakibatkan banjir atau kekeringan merupakan komponen normal dari variabilitas iklim alami. Dampak merugikan dari banjir dan kekeringan seringkali membawa implikasi sosial-ekonomi dan lingkungan yang luas dan dapat mencakup hilangnya nyawa dan harta benda; migrasi massal manusia dan hewan; degradasi lingkungan; dan kekurangan pangan, energi, air, dan kebutuhan dasar lainnya. Tingkat kerentanan terhadap bahaya alam seperti itu tinggi di negara berkembang di mana kebutuhan cenderung memaksa orang miskin untuk

menempati daerah yang paling rentan. Kerentanan negara-negara maju meningkat dengan pertumbuhan ekonomi dan akumulasi properti di daerah rawan banjir dan di lingkungan yang sangat urban.

Rencana Pelaksanaan KTT Dunia tentang Pembangunan Berkelanjutan, yang diadakan di Johannesburg, Afrika Selatan, pada bulan Agustus/September 2002, menyoroti kebutuhan untuk "...mengurangi dampak kekeringan dan banjir melalui langkah-langkah seperti peningkatan penggunaan iklim dan cuaca informasi dan prakiraan, sistem peringatan dini, pengelolaan lahan dan sumber daya alam, praktik pertanian dan konservasi ekosistem untuk membalikkan tren saat ini dan meminimalkan degradasi sumber daya lahan dan air ..." (Departemen Urusan Ekonomi dan Sosial Perserikatan Bangsa-Bangsa, 2002). Melalui deklarasi ini, komunitas internasional telah berkomitmen pada pendekatan terpadu dan inklusif untuk menangani kerentanan dan manajemen risiko yang mencakup pencegahan, mitigasi, kesiapsiagaan, respons, dan pemulihan.

Tujuan strategis Kerangka Aksi Hyogo (HFA) menyerukan integrasi yang lebih efektif dari pertimbangan risiko bencana ke dalam kebijakan, perencanaan, dan pemrograman pembangunan berkelanjutan di semua tingkatan, dengan penekanan pada pencegahan bencana, mitigasi, kesiapsiagaan, dan pengurangan kerentanan; dan untuk pengembangan dan penguatan lembaga, mekanisme, dan kapasitas di semua tingkatan (Strategi Internasional PBB untuk Pengurangan Bencana, 2005). Oleh karena itu, HFA mendukung Pengelolaan Banjir Terpadu sebagai pengelolaan lingkungan dan sumber daya alam yang memasukkan

pengurangan risiko bencana ke dalam pendekatannya. Kerangka Aksi Hyogo juga mendukung desentralisasi proses manajemen ke tingkat terendah yang sesuai. Perubahan iklim diperkirakan akan memperburuk banjir di sebagian besar wilayah. Mengingat harapan ini, perencanaan adaptasi di bawah Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim dan kerangka kerja lain untuk adaptasi perubahan iklim menetapkan pengelolaan banjir sebagai prioritas.

Pembangunan berkelanjutan melalui Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu (IWRM) bertujuan untuk perbaikan berkelanjutan dalam kondisi kehidupan semua warga negara dalam lingkungan yang ditandai dengan kesetaraan, keamanan, dan kebebasan memilih. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu memerlukan integrasi baik sistem alam dan manusia serta pengelolaan lahan dan air. Literatur tentang IWRM, bagaimanapun, jarang mempertimbangkan isu-isu pengelolaan banjir yang terkait dengan pengelolaan sumber daya air, dan kebutuhan untuk mengembangkan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana memasukkan pengelolaan banjir ke dalam IWRM tetap.

Makalah ini menyajikan Integrated Flood Management (IFM) sebagai bagian integral dari IWRM dan menjelaskan interaksi antara banjir dan proses pembangunan. Ini membahas praktik pengelolaan banjir tradisional; mengidentifikasi tantangan utama bagi pengelola banjir dan pengambil keputusan dalam menangani pembangunan berkelanjutan; dan menjelaskan prinsip dasar dan persyaratan IFM. Makalah konsep ini merupakan publikasi "unggulan" dari "Seri Kebijakan Pengelolaan Banjir". Makalah selanjutnya membahas detail lebih lanjut untuk membantu pengelola banjir dan pengambil

keputusan menerapkan konsep tersebut. Pemahaman atas rangkaian makalah ini memerlukan pemahaman tentang isu-isu pengelolaan banjir dan konsep IWRM.

Pengelolaan Banjir Terpadu tidak dapat diterapkan secara universal, melainkan memerlukan adaptasi terhadap situasi tertentu, bervariasi sesuai dengan sifat banjir, masalah banjir, kondisi sosial ekonomi, dan tingkat risiko yang siap diambil oleh masyarakat (atau terpaksa ambil) untuk mencapai tujuan pembangunannya. Demikian pula, penerapan IFM pada tingkat administratif atau skala geografis yang berbeda (cekungan nasional atau transnasional, misalnya) menyiratkan pendekatan yang berbeda terhadap proses dan desain kebijakan.

B. Banjir dan Proses Pembangunan

Masyarakat, komunitas, dan rumah tangga berusaha untuk memanfaatkan sumber daya alam dan aset yang ada untuk meningkatkan kualitas hidup mereka. Namun, mereka semua tunduk pada berbagai gangguan alam dan buatan manusia seperti banjir, kekeringan dan bahaya alam lainnya, resesi ekonomi, dan perselisihan sipil. Gangguan ini berdampak buruk pada aset pribadi dan pengganda kesejahteraan masyarakat, seperti ketersediaan pekerjaan, basis sumber daya alam, dan jaringan sosial, yang semuanya berkontribusi pada kapasitas untuk meningkatkan pendapatan pribadi. Kesempatan yang tidak setara sehubungan dengan akses ke sumber daya dan informasi, dan kekuatan yang tidak sama untuk berpartisipasi dalam perencanaan dan pelaksanaan kebijakan pembangunan berarti bahwa gangguan ini memiliki

efek yang berbeda-beda pada masyarakat yang berbeda dan pada kelompok yang berbeda dalam masyarakat.

Bencana alam menyebabkan banyak kesengsaraan, terutama di negara berkembang di mana mereka menyebabkan tekanan besar di antara ekonomi berpenghasilan rendah. Sekitar 70 persen dari semua bencana global terkait dengan peristiwa hidrometeorologi. Banjir merupakan salah satu risiko alam terbesar bagi pembangunan berkelanjutan. Kerugian banjir mengurangi basis aset rumah tangga, komunitas, dan masyarakat melalui penghancuran tanaman tegakan, tempat tinggal, infrastruktur, mesin, dan bangunan, terlepas dari hilangnya nyawa yang tragis. Dalam beberapa kasus, dampak banjir ekstrem sangat dramatis, tidak hanya di tingkat rumah tangga individu tetapi juga di negara secara keseluruhan. Sementara banjir tahun 2005 di Swiss, yang merupakan peristiwa kerugian tunggal terburuk di negara itu sejak pencatatan sistematis dimulai, berjumlah kurang dari 1 persen dari produk domestik bruto (PDB), angka ini secara teratur meningkat di atas 10% di negara berkembang, terutama ketika banjir terjadi. sebagai bagian dari siklon tropis (Kantor Federal untuk Lingkungan Swiss, 2007). Selain itu, penilaian banjir secara sepotong-sepotong, bukan secara holistik, dapat membatasi kegunaan upaya tersebut.

Meskipun tinggal di dataran banjir membuat penghuninya terkena banjir, ia juga menawarkan keuntungan yang sangat besar. Tanah aluvial yang dalam dan subur di dataran banjir – akibat banjir selama ribuan tahun – menyediakan akses pasar yang baik. Dataran banjir biasanya mendukung kepadatan penduduk yang tinggi, seperti di Belanda dan Bangladesh, dan PDB per kilometer persegi tinggi

di negara-negara yang sebagian besar terdiri dari dataran banjir: Belanda membanggakan PDB per kilometer persegi tertinggi di Eropa. Banjir menopang ekosistem dan layanan yang disediakan ekosistem. Di Kamboja, banjir tahunan yang terjadi di dataran banjir Danau Tonle Sap sangat penting dalam menjaga danau sebagai salah satu ekosistem air tawar paling produktif (dalam hal tangkapan ikan) di seluruh dunia. Produktivitas yang tinggi ini memberikan kontribusi yang kuat terhadap ketahanan pangan daerah.

Keseimbangan antara kebutuhan dan risiko pembangunan sangat penting. Bukti di seluruh dunia adalah bahwa orang tidak akan, dan dalam keadaan tertentu tidak dapat meninggalkan daerah rawan banjir – apakah mereka berada di dataran banjir yang jarang penduduknya di Mississippi, di pegunungan Honduras, atau di daerah delta padat penduduk di Bangladesh. Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk menemukan cara membuat kehidupan berkelanjutan di dataran banjir – bahkan jika ada risiko besar terhadap jiwa dan harta benda. Pendekatan terbaik adalah pengelolaan banjir secara terpadu.

Pemahaman tentang interaksi antara banjir, proses pembangunan, dan kemiskinan sangat penting untuk memastikan bagaimana proses pembangunan saat ini dan masa depan dapat dan memang meningkatkan risiko banjir. Suatu populasi mungkin miskin karena terkena banjir atau mungkin terkena banjir karena miskin dan menempati lahan yang paling rentan. Metode intervensi yang tepat akan berbeda sesuai dengan diagnosis yang benar. Lebih lanjut, sebuah komunitas dengan basis aset yang lemah dan sedikit pengganda kesejahteraan komunitas terkena banyak gangguan

yang berbeda, beberapa di antaranya mungkin memiliki dampak yang lebih besar daripada banjir. Pembuat keputusan dan perencana pembangunan di semua tingkatan harus peka terhadap prospek ini.

Risiko adalah kombinasi dari peluang suatu peristiwa tertentu, dengan dampak yang akan ditimbulkan oleh peristiwa tersebut jika itu terjadi. Risiko, oleh karena itu, memiliki dua komponen, peluang (atau probabilitas) dari suatu peristiwa yang terjadi dan dampak (atau konsekuensi) yang terkait dengan peristiwa itu. Konsekuensi dari peristiwa itu mungkin diinginkan atau tidak diinginkan.

Kerentanan adalah fungsi dari kemampuan masyarakat, komunitas, atau rumah tangga untuk memobilisasi aset yang tersedia untuk menghadapi tantangan yang ditimbulkan oleh banjir. Kapasitas masyarakat untuk mempertahankan atau meningkatkan kualitas hidupnya dalam menghadapi gangguan eksternal tersebut dapat ditingkatkan baik dengan mengurangi banjir atau dengan meningkatkan kapasitasnya untuk mengatasi gangguan tersebut.

C. Pilihan Manajemen Banjir Tradisional

Respons manajemen tradisional terhadap banjir parah biasanya merupakan reaksi ad hoc – implementasi cepat dari sebuah proyek yang mempertimbangkan masalah dan solusinya sebagai bukti nyata, dan yang tidak memikirkan konsekuensi bagi risiko banjir di hulu dan hilir. Dengan demikian, praktik pengelolaan banjir sebagian besar berfokus pada pengurangan banjir dan pengurangan kerentanan terhadap kerusakan akibat banjir. Pengelolaan banjir tradisional telah menggunakan intervensi struktural dan non-struktural,

serta intervensi fisik dan kelembagaan. Intervensi ini telah terjadi sebelum, selama, dan setelah banjir, dan seringkali tumpang tindih.

Bagian ini secara singkat membahas intervensi pengelolaan banjir tradisional yang tercantum di bawah ini:

- Kontrol sumber untuk mengurangi limpasan (perkerasan permeabel, penghijauan, pengisian ulang buatan);
- Penyimpanan limpasan (lahan basah, cekungan detensi, waduk);
- Peningkatan kapasitas sungai (saluran bypass, pendalaman atau pelebaran saluran);
- Pemisahan sungai dan populasi (kontrol penggunaan lahan, tanggul, penahan banjir, zonasi, pembangunan rumah);
- Manajemen darurat selama banjir (peringatan banjir, pekerjaan darurat untuk menaikkan atau memperkuat tanggul, penahan banjir, evakuasi); dan
- Pemulihan banjir (konseling, kompensasi, atau asuransi).

(Bagian 5 menguraikan langkah-langkah yang memperkuat kasus untuk mengadopsi pendekatan terpadu pengelolaan banjir.)

Kontrol sumber merupakan suatu intervensi dalam proses pembentukan limpasan dari curah hujan atau pencairan salju dan mengambil bentuk penyimpanan di dalam tanah atau melalui tanah. Penggunaan strategi ini biasanya mempertimbangkan efek konsekuensial pada proses erosi, waktu konsentrasi di dalam tanah, dan dinamika evapotranspirasi. Penilaian kemungkinan efektivitas pengendalian sumber juga mempertimbangkan kondisi

sebelum banjir seperti keadaan jenuh tanah, dan apakah tanah beku atau tidak. Dengan demikian, kelemahan potensial dengan beberapa bentuk pengendalian sumber, dan bentuk lain dari modifikasi penggunaan lahan seperti penghijauan, adalah bahwa kapasitas untuk menyerap atau menyimpan curah hujan tergantung pada kondisi daerah tangkapan sebelumnya.

Penyimpanan air permukaan, seperti perangkat seperti bendungan, tanggul, dan kolam retensi, adalah pendekatan tradisional untuk melemahkan puncak banjir. Penyimpanan air memodifikasi banjir dengan memperlambat laju kenaikan air, dengan meningkatkan waktu yang dibutuhkan air untuk mencapai puncaknya, dan dengan menurunkan tingkat puncak. Lebih sering daripada tidak, penyimpanan tersebut melayani berbagai tujuan, dan penyimpanan banjir dapat menjadi korban pertama dalam konflik antar tujuan. Selain itu, dengan sepenuhnya menghilangkan banjir yang rendah, tindakan tersebut dapat memberikan rasa aman yang salah. Penyimpanan harus digunakan dalam kombinasi yang tepat dengan tindakan struktural dan non-struktural lainnya. Tampaknya jelas, tetapi sering diabaikan dalam praktiknya, adalah kebutuhan untuk menjadikan pengelolaan banjir sebagai bagian tidak hanya dari perencanaan dan desain tetapi juga pengoperasian waduk. Pelepasan dari waduk dapat menimbulkan risiko, dan pengoperasian waduk yang hati-hati dapat meminimalkan hilangnya nyawa manusia dan harta benda akibat pelepasan tersebut. Dalam konteks ini kerjasama lintas batas sangat diperlukan.

Peningkatan daya dukung sungai mengubah rezim morfologi dan ekosistem alaminya, mempengaruhi

penggunaan sungai lainnya, dan memiliki kecenderungan untuk menggeser masalah secara spasial dan temporal. Pendalaman saluran juga dapat mempengaruhi rezim air tanah di wilayah tersebut. Tanggul atau tanggul banjir kemungkinan besar sesuai untuk dataran banjir yang sudah banyak digunakan, dalam proses urbanisasi, atau di mana risiko sisa penggunaan dataran banjir yang intens mungkin lebih mudah ditangani daripada risiko di daerah lain (dari tanah longsor atau gangguan lain). Kontrol penggunaan lahan umumnya diadopsi di mana pembangunan intensif di dataran banjir tertentu tidak diinginkan. Memberikan insentif untuk pembangunan yang akan dilakukan di tempat lain mungkin lebih efektif daripada sekadar mencoba menghentikan pembangunan di dataran banjir. Namun, di mana lahan berada di bawah tekanan pembangunan, terutama dari pembangunan informal, pengendalian penggunaan lahan cenderung tidak efektif. Ketahanan banjir atau pembangunan rumah paling sesuai di mana intensitas pembangunan rendah dan properti tersebar, atau di mana waktu peringatannya singkat. Di daerah yang sering mengalami banjir, infrastruktur yang tahan banjir dan jaringan komunikasi dapat mengurangi dampak buruk banjir terhadap perekonomian.

Peringatan banjir dan tindakan darurat tepat waktu melengkapi semua bentuk intervensi. Kombinasi pesan peringatan yang jelas dan akurat dengan tingkat kesadaran masyarakat yang tinggi memberikan tingkat kesiapsiagaan terbaik untuk tindakan mandiri selama banjir. Program pendidikan publik sangat penting untuk keberhasilan peringatan yang dimaksudkan untuk mencegah bahaya berubah menjadi bencana. Evakuasi merupakan unsur penting

dari perencanaan darurat, dan rute evakuasi mungkin naik ke tempat perlindungan banjir di ketinggian yang lebih tinggi atau ke luar, tergantung pada keadaan setempat. Evakuasi keluar umumnya diperlukan di mana kedalaman air yang signifikan, di mana kecepatan banjir tinggi dan di mana bangunan rentan. Evakuasi yang berhasil memerlukan perencanaan dan kesadaran di antara penduduk tentang apa yang harus dilakukan dalam keadaan darurat banjir. Partisipasi aktif masyarakat dalam tahap perencanaan, dan latihan rutin untuk menilai kelayakan sistem membantu memastikan bahwa evakuasi berjalan efektif. Penyediaan fasilitas dasar seperti pasokan air, sanitasi, dan keamanan di daerah tempat pengungsi berkumpul sangat penting dalam membangun sistem evakuasi yang layak.

D. Tantangan Pengelolaan Banjir Mengamankan Mata Pencaharian

Pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi memberikan tekanan yang cukup besar pada sumber daya alam suatu sistem. Meningkatnya tekanan penduduk dan meningkatnya kegiatan ekonomi di dataran banjir, seperti pembangunan gedung dan infrastruktur, semakin meningkatkan risiko banjir. Dataran banjir memberikan peluang mata pencaharian yang sangat baik dan mudah secara teknis dalam banyak kasus. Di negara-negara berkembang dengan ekonomi utama pertanian, ketahanan pangan identik dengan keamanan mata pencaharian. Dataran banjir berkontribusi besar pada produksi pangan yang menyediakan nutrisi bagi masyarakat di negara-negara ini. Meskipun dapat dikatakan bahwa perdagangan air virtual – dan dengan kesimpulan mengurangi ketergantungan pada daerah rawan banjir dan

kelangkaan air – dapat mengatasi masalah ketahanan pangan, itu tidak akan mengatasi masalah keamanan mata pencaharian. Persaingan untuk mendapatkan akses ke sumber daya lahan yang terbatas dapat membahayakan bagian populasi yang lebih lemah yang sebagian besar menempati dataran banjir. Program pemukiman kembali dan langkah-langkah kebijakan dataran banjir lainnya harus dinilai pengaruhnya secara keseluruhan terhadap peluang mata pencaharian penduduk yang berisiko.

Urbanisasi yang Cepat

Ketika ada peningkatan populasi di daerah pedesaan, seringkali sulit untuk meningkatkan standar hidup di luar kebutuhan pokok. Kehidupan pertanian bergantung pada kondisi lingkungan yang seringkali sulit diprediksi, dan pada saat kekeringan, banjir, atau gagal panen, kelangsungan hidup menjadi sangat bermasalah. Dalam kondisi ini, orang berpindah dari lingkungan pedesaan ke kota untuk mencari peluang ekonomi dan akses yang lebih baik ke layanan dasar. Perubahan iklim kemungkinan akan mempercepat pola migrasi ke daerah perkotaan dengan mengubah mata pencaharian baik dari perikanan dan pertanian, dan dengan meningkatkan kejadian dan mengintensifkan efek bahaya alam.

Proporsi perkotaan dari populasi global meningkat dari 13 persen pada tahun 1900, menjadi 49 persen pada tahun 2005. Angka ini kemungkinan akan meningkat menjadi 57 persen pada tahun 2025, dan menjadi hampir 70 persen pada tahun 2050 (Departemen Urusan Ekonomi dan Sosial Perserikatan Bangsa-Bangsa, 2007). Sebagian besar urbanisasi ini akan terjadi di negara-negara berkembang di mana

pertumbuhannya sebagian besar tidak terencana dan organik, terutama terjadi di Asia dan Afrika, dan pada tingkat yang lebih rendah di Amerika Latin dan Karibia. Urbanisasi menyebabkan perubahan respon hidrologi DAS dan mempengaruhi bentuk lahan, kualitas air, dan habitat. Pertumbuhan penduduk dan migrasi menuju pemukiman perkotaan yang tidak terencana di dataran banjir di negara berkembang meningkatkan kerentanan sektor masyarakat termiskin terhadap banjir. Fakta bahwa sebagian besar pertumbuhan perkotaan terjadi di zona pesisir meningkatkan momok kerentanan banjir yang sangat meningkat di antara populasi ini, paling tidak karena perkiraan peningkatan banjir sungai dan pesisir akibat perubahan iklim. Sektor-sektor masyarakat ini juga menderita kekurangan fasilitas kesehatan dan sanitasi dan karenanya paling rentan terhadap bencana dan akibat pascabencana. Kebijakan pengelolaan banjir harus mempertimbangkan kebutuhan masyarakat tersebut.

Ilusi Bebas Banjir

Perlindungan mutlak dari banjir secara teknis adalah tidak layak, dan juga tidak layak secara ekonomi dan lingkungan. Tidak ada standar desain perlindungan yang dapat menjelaskan ketidakakuratan yang melekat dalam perkiraan besarnya potensi banjir ekstrem, atau untuk modifikasi dari waktu ke waktu akibat perubahan iklim.

Pertanyaan apakah akan merancang intervensi yang memberikan perlindungan dari banjir besar atau yang mengurangi kerugian akibat banjir frekuensi tinggi menimbulkan dilema analitis. Merancang untuk banjir berfrekuensi tinggi memerlukan risiko konsekuensi bencana

yang lebih besar ketika peristiwa yang lebih ekstrem terjadi. Demikian pula, merancang untuk banjir besar harus memperhitungkan kemungkinan kegagalan dalam kasus banjir yang besarnya di bawah standar desain nosional. Dalam kasus ini, kegagalan dapat terjadi ketika beberapa tindakan struktural, seperti tanggul dan saluran bypass, tidak dirawat dengan baik karena tidak digunakan dalam jangka panjang atau kekurangan keuangan, dan mungkin tidak lagi berfungsi dengan baik. Manajemen risiko banjir harus memperkirakan kemungkinan kegagalan tersebut, mengidentifikasi bagaimana kegagalan mungkin terjadi, dan menyediakan bagaimana peristiwa tersebut harus dikelola.

Pendekatan Ekosistem

Ekosistem perairan sungai – termasuk sungai, lahan basah, dan muara – memberikan manfaat seperti air minum bersih, makanan, bahan, pemurnian air, mitigasi banjir, dan peluang rekreasi. Keragaman dalam jumlah, waktu, dan durasi aliran seringkali penting untuk pemeliharaan ekosistem sungai. Peristiwa banjir, misalnya, berfungsi untuk mempertahankan daerah pemijahan ikan, membantu migrasi ikan, dan untuk menyiram puing-puing, sedimen, dan garam. Peristiwa ini sangat penting di daerah iklim kering yang mengalami banjir musiman diikuti oleh periode kekeringan. Tindakan pengelolaan banjir yang berbeda memiliki efek yang berbeda pada ekosistem, dan pada saat yang sama, perubahan ekosistem memiliki efek konsekuensial pada situasi banjir, karakteristik banjir, dan perilaku sungai.

Beberapa intervensi pengelolaan banjir berdampak buruk pada ekosistem sungai dengan mengurangi frekuensi

banjir di lahan basah yang berkembang di sekitar dataran banjir. Daerah-daerah ini sering mengalami banjir dan memiliki keanekaragaman flora dan fauna yang besar karena fenomena ini. Dalam situasi ini, perubahan frekuensi tinggi (lebih kecil) banjir akan merusak ekosistem yang telah berkembang di sekitar rezim banjir yang ada. Pengurangan banjir ekstrem, di sisi lain, menawarkan perlindungan bagi ekosistem. Dengan demikian, besarnya dan variabilitas rezim aliran yang dibutuhkan dalam suatu DAS untuk memaksimalkan manfaat bagi masyarakat dan untuk menjaga ekosistem sungai yang sehat harus mencapai keseimbangan antara kepentingan yang bersaing di DAS. Intervensi baru, perkuatan struktur saat ini, dan penyesuaian dalam aturan operasi dari tindakan yang ada dapat menawarkan peluang untuk manajemen yang lebih baik.

Pendekatan ekosistem adalah strategi pengelolaan lahan, air, dan sumber daya hayati secara terpadu, strategi yang mengedepankan konservasi dan pemanfaatan berkelanjutan secara berkeadilan. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu dan Pengelolaan Banjir Terpadu mencakup prinsip-prinsip utama pendekatan ekosistem dengan mempertimbangkan seluruh ekosistem DAS sebagai satu kesatuan dan dengan memperhitungkan dampak intervensi ekonomi di DAS secara keseluruhan. Kelestarian lingkungan dari opsi pengelolaan banjir merupakan salah satu prasyarat dalam IFM.

Variabilitas dan Perubahan Iklim

Berbagai parameter iklim dan non-iklim mempengaruhi proses banjir. Terlepas dari kondisi cekungan sebelumnya, besaran banjir bergantung pada intensitas curah hujan, kedalaman, waktu, dan distribusi spasial, dan fase. Suhu dan

angin mempengaruhi pencairan salju, yang pada gilirannya mempengaruhi besarnya banjir. Efek yang diproyeksikan dari pemanasan global termasuk perubahan sirkulasi atmosfer dan lautan, dan banyak subsistem dari siklus air global cenderung meningkat, yang mengarah pada perubahan pola presipitasi dan limpasan. Berbagai simulasi model iklim menunjukkan pola perubahan curah hujan yang kompleks, dengan beberapa daerah menerima lebih sedikit dan yang lain menerima lebih banyak curah hujan daripada sekarang.

Kemungkinan peningkatan intensitas siklon tropis menyiratkan peningkatan yang sesuai dalam intensitas kejadian presipitasi. Pola serupa juga mungkin terjadi di daerah lintang tinggi yang diperkirakan akan mengalami peningkatan curah hujan rata-rata. Sebagian besar daerah tropis dan lintang menengah dan tinggi diperkirakan akan mengalami peningkatan curah hujan ekstrim yang lebih besar daripada curah hujan rata-rata. Kejadian hujan deras ini cenderung meningkat dalam besaran dan frekuensinya, yang mengakibatkan peningkatan frekuensi banjir besar di banyak daerah.

Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim menemukan kecenderungan peningkatan kejadian hujan lebat di banyak wilayah, bahkan di beberapa wilayah di mana curah hujan tahunan rata-rata diproyeksikan menurun. Dalam kasus ini, penurunan curah hujan sering dikaitkan dengan penurunan jumlah hari hujan daripada penurunan intensitas curah hujan. Hal ini mengarah pada kesimpulan bahwa curah hujan yang lebih deras dan intens mungkin diharapkan di masa depan tetapi dalam jumlah keseluruhan yang lebih sedikit, menyiratkan insiden banjir dan kekeringan ekstrem yang lebih

besar. Pada saat yang sama, permukaan laut global diproyeksikan akan terus meningkat seiring dengan pemanasan dunia. Hal ini berpotensi mengakibatkan genangan di dataran rendah; peningkatan erosi pantai; perubahan rentang pasang surut di sungai dan teluk; banjir gelombang badai yang lebih parah; dan peningkatan intrusi air asin ke muara dan akuifer air tawar; dan meningkatnya kerusakan akibat angin dan curah hujan di daerah yang rentan terhadap siklon tropis. Kenaikan permukaan laut meningkatkan risiko banjir pesisir, terutama yang berkaitan dengan gelombang badai.

Perubahan iklim menimbulkan tantangan konseptual utama karena mengguncang dasar asumsi normal bahwa kondisi hidrologi historis jangka panjang akan berlanjut ke masa depan. Pada saat yang sama, jalur pembangunan di masa depan dan dampak yang diakibatkannya terhadap perubahan iklim paling baik dapat diproyeksikan dalam skenario pembangunan yang berbeda. Mengatasi perubahan iklim membutuhkan kepemimpinan, visi, kapasitas, dan sumber daya di luar pengalaman kami hingga saat ini. Pada catatan positif, bagaimanapun, praktisi manajemen banjir telah berurusan dengan variabilitas iklim dalam hal ekstrim selama beberapa dekade, mencoba untuk menangkap semua bentuk ketidakpastian, seperti, misalnya, dalam freeboards dalam desain tanggul.

Pergeseran iklim regional, seperti curah hujan tahunan rata-rata, dapat terjadi dengan kecepatan yang jauh lebih cepat daripada pergeseran global. Mengingat kemungkinan ini, pemilihan banjir desain harus menyeimbangkan risiko dan manfaat berdasarkan prinsip-prinsip ilmiah, pengetahuan tentang peristiwa banjir sebelumnya, dan persepsi publik

tentang risiko. Kebijakan pengelolaan banjir telah bergeser di berbagai tempat menuju pendekatan di luar mitos "keamanan mutlak dari banjir" menuju pendekatan yang lebih fleksibel dan adaptif dari "hidup dengan risiko banjir". Pendekatan semacam itu mengakui nilai tindakan perlindungan banjir, namun juga mengakui risiko sisa seperti kegagalan tanggul. Pengelolaan banjir perlu menyediakan strategi untuk kemungkinan seperti itu, yang selanjutnya memperkuat kebutuhan akan kombinasi yang seimbang antara pendekatan struktural dan non-struktural. Menyeimbangkan dan mengurutkan campuran respons investasi "lunak" (kelembagaan dan kapasitas) dan "keras" (infrastruktur) adalah kompleks dan memerlukan keterampilan dalam seni adaptasi dalam pengelolaan air.

Pernyataan Nairobi tentang Pengelolaan Tanah dan Air untuk Adaptasi Perubahan Iklim menyarankan seperangkat prinsip panduan yang mencakup pembangunan berkelanjutan, ketahanan, tata kelola, informasi, dan ekonomi, serta pembiayaan.

E. Pengelolaan Banjir Terpadu – Konsep Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu

Prinsip Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu telah diterima secara rasional sejak Konferensi Dublin dan KTT Bumi di Rio. Pertemuan-pertemuan berikutnya (terutama KTT Dunia tentang Pembangunan Berkelanjutan di Johannesburg pada tahun 2002) telah menekankan kembali bahwa IWRM adalah kriteria yang diperlukan untuk pembangunan berkelanjutan.

Menurut Kemitraan Air Global, "Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu adalah proses yang mempromosikan pengembangan dan pengelolaan air, tanah, dan sumber daya terkait yang terkoordinasi, untuk memaksimalkan kesejahteraan

ekonomi dan sosial yang dihasilkan secara adil tanpa mengorbankan keberlanjutan sumber daya vital. ekosistem. Kemitraan Air Global mengartikan "pengelolaan" sebagai termasuk "pengembangan dan pengelolaan". Pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dan efektif menuntut pendekatan holistik, yang menghubungkan pembangunan sosial dan ekonomi dengan perlindungan ekosistem alam dan menyediakan hubungan pengelolaan yang tepat antara penggunaan lahan dan air. Oleh karena itu, bencana terkait air, seperti banjir dan kekeringan, karena berperan penting dalam menentukan pembangunan berkelanjutan, perlu diintegrasikan ke dalam pengelolaan sumber daya air.

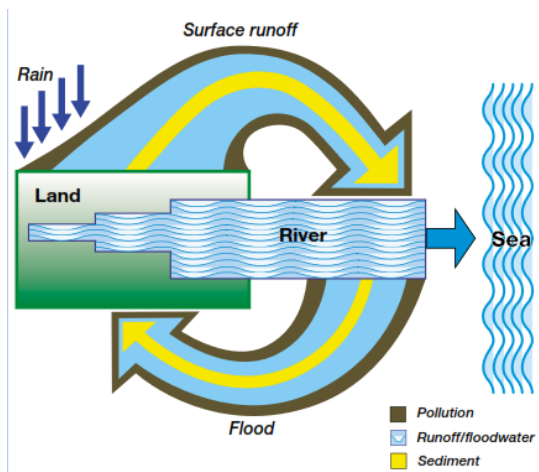
Mendefinisikan Manajemen Banjir Terpadu

Manajemen Banjir Terpadu adalah proses yang mempromosikan pendekatan terpadu – bukan terfragmentasi – untuk pengelolaan banjir. Ini mengintegrasikan pengembangan sumber daya tanah dan air di daerah aliran sungai, dalam konteks IWRM, dan bertujuan untuk memaksimalkan manfaat bersih dari penggunaan dataran banjir dan meminimalkan hilangnya nyawa akibat banjir.

Secara global, baik lahan – khususnya lahan yang dapat ditanami – dan sumber daya air langka. Lahan subur yang paling produktif terletak di dataran banjir. Ketika menerapkan kebijakan untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan sumber daya DAS secara keseluruhan, upaya harus dilakukan untuk mempertahankan atau menambah produktivitas dataran banjir. Di sisi lain, kerugian ekonomi dan hilangnya nyawa manusia akibat banjir tidak bisa diabaikan. Memperlakukan banjir sebagai masalah tersendiri hampir selalu menghasilkan

pendekatan yang terlokalisasi sedikit demi sedikit. Pengelolaan Banjir Terpadu menyerukan perubahan paradigma dari pendekatan tradisional pengelolaan banjir yang terfragmentasi.

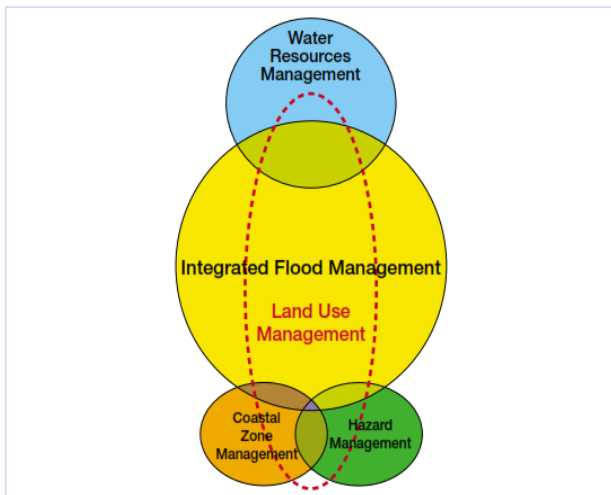
Pengelolaan Banjir Terpadu mengakui daerah aliran sungai sebagai suatu sistem yang dinamis di mana terdapat banyak interaksi dan fluks antara daratan dan badan air (Gambar 4.1). Dalam IFM titik awalnya adalah visi tentang seperti apa seharusnya DAS. Memasukkan perspektif mata pencaharian yang berkelanjutan berarti mencari cara untuk bekerja menuju mengidentifikasi peluang untuk meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan. Aliran air, sedimen, dan polutan dari hulu sungai ke zona pesisir (punggungan ke terumbu) – sering kali meluas hingga puluhan kilometer ke daratan dan menutupi sebagian besar wilayah sungai – dapat memiliki konsekuensi yang signifikan. Karena muara mencakup wilayah sungai dan wilayah pesisir, penting untuk mengintegrasikan pengelolaan wilayah pesisir ke dalam IFM.



Gambar 4.1. Interaksi Tanah dan Air

(sumber: <http://www.apfm.info>)

Oleh karena itu, upaya untuk meningkatkan fungsi DAS secara keseluruhan sambil mengakui bahwa keuntungan dan kerugian yang timbul dari perubahan interaksi antara lingkungan air dan darat dan bahwa ada kebutuhan untuk menyeimbangkan pembangunan kebutuhan dan kerugian banjir. Harus diakui bahwa tujuan dalam IFM tidak hanya untuk mengurangi kerugian akibat banjir tetapi juga untuk memaksimalkan penggunaan dataran banjir yang efisien dengan kesadaran akan risiko banjir – terutama di mana sumber daya lahan terbatas. Dengan kata lain, walaupun pengurangan korban jiwa harus tetap menjadi prioritas utama, tujuan pengurangan kerugian akibat banjir harus menjadi tujuan kedua dari tujuan keseluruhan penggunaan dataran banjir yang optimal. Pada gilirannya, peningkatan kerugian banjir dapat sejalan dengan peningkatan efisiensi penggunaan dataran banjir pada khususnya dan daerah aliran sungai pada umumnya. Gambar 4.2 menggambarkan model IFM.



Gambar 4.2. Model Pengelolaan Banjir Terpadu
(sumber: <http://www.apfm.info>)

Elemen Pengelolaan Banjir Terpadu

Terpadu mengambil pendekatan partisipatif, lintas sektoral dan transparan dalam pengambilan keputusan. Ciri khas IFM adalah integrasi, yang diekspresikan secara simultan dalam berbagai bentuk: perpaduan strategi yang tepat, titik-titik intervensi yang dipilih dengan cermat, dan jenis intervensi yang tepat (struktural atau non-struktural, jangka pendek atau panjang).

Rencana Pengelolaan Banjir Terpadu harus membahas enam elemen kunci berikut yang mengikuti secara logis untuk mengelola banjir dalam konteks pendekatan IWRM:

- 1) Mengelola siklus air secara keseluruhan;
- 2) Mengintegrasikan pengelolaan lahan dan air;
- 3) Mengelola risiko dan ketidakpastian;
- 4) Mengadopsi kombinasi strategi terbaik;
- 5) Pastikan pendekatan partisipatif; dan
- 6) Mengadopsi pendekatan manajemen bahaya terpadu.

1) Mengelola Siklus Air Secara Keseluruhan

Sebagian besar waktu limpasan merupakan bagian penting dari sumber daya air yang tersedia dan hanya menimbulkan masalah dalam kondisi ekstrim. Khususnya di iklim kering dan semi-kering, banjir mewakili sebagian besar sumber daya air yang tersedia. Pengelolaan Banjir Terpadu berfokus pada pengelolaan fase daratan dari siklus air secara keseluruhan, dengan mempertimbangkan seluruh rentang banjir – kecil, sedang dan ekstrim. Ini mengakui pengaruh banjir pada pengisian kembali air tanah, yang merupakan sumber penting air selama periode kering, dan

memperhitungkan ekstrem lain dari siklus hidrologi – kekeringan.

Rencana pengelolaan banjir harus mencakup pengelolaan kekeringan, dan harus mengambil langkah-langkah untuk memaksimalkan aspek positif dari banjir seperti dengan mempertahankan sebagian aliran banjir untuk digunakan dalam produksi tanaman. Dataran banjir aluvial, khususnya, memberikan peluang untuk penyimpanan air tanah dari air banjir. Pengelolaan Banjir Terpadu harus memperlakukan air tanah dan air permukaan sebagai sumber daya yang saling terkait, dan harus mempertimbangkan peran kapasitas retensi dataran banjir untuk pengisian ulang air tanah. Rencana pengelolaan banjir harus mengambil pendekatan holistik untuk mengeksplorasi kemungkinan pengisian ulang buatan yang dipercepat dalam kondisi geologi tertentu. Intervensi yang mengubah rezim limpasan, bagaimanapun, perlu mempertimbangkan potensi efek samping. Mengambil tindakan untuk mengurangi limpasan selama musim hujan, misalnya, dapat menjadi kontra-produktif jika tindakan tersebut juga mengurangi limpasan pada waktu lain dalam setahun.

Manajemen Banjir Terpadu menyadari kebutuhan untuk mengelola semua banjir dan bukan hanya banjir tersebut hingga beberapa standar desain perlindungan. Rencana banjir harus mempertimbangkan apa yang akan terjadi ketika banjir lebih ekstrim daripada banjir standar desain terjadi, dan harus meramalkan bagaimana banjir tersebut akan dikelola. Rencana harus dengan jelas mengidentifikasi area yang akan dikorbankan untuk penyimpanan banjir guna melindungi area kritis dalam peristiwa banjir ekstrem.

Pengelolaan banjir perkotaan perlu secara eksplisit menangani tiga komponen dasar pengelolaan air perkotaan: penyediaan air minum; pembuangan limbah dan air limbah; dan pembuangan limpasan permukaan. Rencana banjir perkotaan harus mengelola kuantitas air hujan dan efek air hujan pada kualitas air. Air banjir yang tercemar menyebabkan salah satu masalah pasca banjir yang paling parah di perkotaan. Secara tradisional, divisi kota yang bertanggung jawab atas pengelolaan banjir telah berfokus pada aspek teknis drainase dengan tujuan menyalurkan air hujan secepat dan senyaman mungkin ke luar kota, seringkali tanpa mempertimbangkan efek hilir. Namun, di banyak daerah perkotaan, pemisahan penuh pengelolaan air hujan dari sistem pasokan air tidak memungkinkan, dan pengeringan air hujan secepat mungkin tidak diinginkan. Semakin banyak kota yang "sensitif terhadap air" mengakui ide-ide yang muncul ini, dan Pengelolaan Banjir Terpadu memberikan dukungan kuat untuk upaya mereka. Pengelolaan banjir terpadu memadukan antara drainase dan konservasi, serta mempertimbangkan kepentingan daerah hilir.

2) Mengintegrasikan Pengelolaan Tanah dan Air

Respon hidrologis terhadap curah hujan sangat bergantung pada karakteristik lokal tanah, seperti kapasitas penyimpanan air, laju infiltrasi dan kondisi curah hujan sebelumnya. Jenis dan kerapatan tutupan vegetasi dan karakteristik penggunaan lahan juga penting dalam memahami respons daerah tangkapan terhadap curah hujan. Perubahan manusia pada daerah tangkapan dapat memainkan peran penting dalam meningkatkan bahaya banjir jika proses pembentukan limpasan diubah, terutama ketika kapasitas

infiltrasi tanah menurun atau terjadi perubahan penutup tanah. Degradasi lingkungan dan pembangunan perkotaan yang tidak terkendali di zona berisiko tinggi, seperti dataran genangan historis dan dasar pegunungan, menyebabkan peningkatan kerentanan terhadap peristiwa bencana bagi masyarakat di dataran banjir. Mengubah permukaan alami yang tembus air menjadi permukaan buatan yang kurang tembus air atau kedap air, menyebabkan peningkatan laju limpasan air hujan, dan total volume limpasan juga dapat mempengaruhi kualitas air. Perubahan penyimpanan air alami sebagai akibat urbanisasi juga menyebabkan perubahan signifikan pada karakteristik temporal limpasan dari daerah perkotaan, seperti memperpendek waktu tempuh limpasan, dan dapat mengakibatkan peningkatan kejadian banjir bandang.

Perencanaan penggunaan lahan dan pengelolaan air harus digabungkan dalam satu rencana yang disintesis dengan bidang umum tertentu, seperti pemetaan bahaya dan risiko banjir, untuk memungkinkan berbagi informasi antara perencanaan penggunaan lahan dan otoritas pengelolaan air. Alasan integrasi ini adalah bahwa penggunaan lahan berdampak pada kuantitas dan kualitas air. Tiga elemen utama pengelolaan DAS, yaitu kuantitas air, kualitas air, dan proses erosi dan pengendapan, secara inheren terkait dan merupakan alasan utama untuk mengadopsi pendekatan IFM berdasarkan DAS.

Perubahan penggunaan lahan di hulu dapat secara drastis mengubah karakteristik banjir dan kualitas air terkait serta karakteristik transportasi sedimen, terutama konversi kawasan hutan dan lahan basah menjadi bentuk lahan lainnya. Urbanisasi hulu serta pelatihan sungai dapat menyebabkan

aksentuasi puncak banjir dan kemunculannya awal di hilir. Depresi dataran rendah dapat memainkan peran penting dalam redaman banjir, tetapi pengendapan limbah padat di depresi dapat memperburuk kondisi kesehatan dan meningkatkan puncak banjir di hilir. Mengabaikan hubungan ini di masa lalu sering menyebabkan kegagalan. Pengelolaan banjir perlu mengenali, memahami, dan mempertanggungjawabkan keterkaitan tersebut guna mewujudkan sinergi dalam meningkatkan kinerja DAS. Namun, memanfaatkan potensi sinergi ini akan membutuhkan perspektif yang lebih luas dari pengembangan wilayah sungai secara keseluruhan. Mencoba untuk menyelesaikan masalah lokal secara terisolasi bukan lagi strategi yang layak, jika memang pernah ada.

3) Mengelola Risiko dan Ketidakpastian

Perubahan iklim memperburuk risiko bagi masyarakat modern. Hidup di dataran banjir melibatkan risiko kerusakan harta benda dan hilangnya nyawa, namun juga memberikan peluang. Rancangan kebijakan harus mempertimbangkan risiko banjir dalam konteks risiko lain yang berlaku bagi individu, rumah tangga dan masyarakat, khususnya risiko yang terkait dengan kemiskinan. Jika tidak, kebijakan untuk mengurangi risiko banjir mungkin memiliki konsekuensi yang tidak diinginkan berupa pengurangan peluang mata pencaharian melalui langkah-langkah seperti regulasi dataran banjir yang membatasi atau program pemukiman kembali berdasarkan pemahaman yang tidak sempurna tentang implikasi sosial-ekonomi. Risiko banjir juga terkait dengan ketidakpastian hidrologis. Pengetahuan kita tentang masa kini tidak lengkap dan umumnya kita memiliki pemahaman yang tidak sempurna

tentang proses kausal yang bekerja. Tingkat perubahan di masa depan tidak dapat diprediksi dengan pasti, karena perubahan ini mungkin acak (variabilitas iklim), sistemik (perubahan iklim) atau siklus (El Niño). Ketidakpastian hidrologi, bagaimanapun, mungkin lebih rendah dari ketidakpastian sosial, ekonomi dan politik: perubahan terbesar dan paling tidak terduga diperkirakan akan dihasilkan dari pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi.

Ketidakpastian dan manajemen risiko menentukan karakteristik pilihan, dan manajemen risiko merupakan komponen penting dari proses pembangunan, penting untuk mencapai pembangunan berkelanjutan. Penerapan pendekatan manajemen risiko memberikan langkah-langkah untuk mencegah bahaya menjadi bencana. Manajemen risiko banjir terdiri dari tindakan sistematis dalam siklus kesiapsiagaan, respon dan pemulihan, dan harus menjadi bagian dari IWRM. Tindakan yang diambil tergantung pada kondisi risiko dalam lingkungan sosial, ekonomi dan fisik, dengan fokus utama pada pengurangan kerentanan. Manajemen risiko memerlukan identifikasi, penilaian, dan minimalisasi risiko, atau penghapusan risiko yang tidak dapat diterima melalui kebijakan dan praktik yang sesuai. Pengelolaan risiko banjir juga mencakup upaya-upaya untuk mengurangi risiko sisa melalui tindakan-tindakan seperti tata ruang dan tata guna lahan yang peka terhadap banjir, sistem peringatan dini, rencana evakuasi, persiapan penanggulangan bencana dan anti banjir, dan sebagai upaya terakhir, asuransi dan mekanisme pembagian risiko lainnya.

4) Mengadopsi Campuran Strategi Terbaik

Tabel 4.1 menampilkan strategi dan opsi yang umumnya digunakan dalam pengelolaan banjir. Penerapan suatu strategi sangat bergantung pada karakteristik hidrologis dan hidraulik dari sistem dan wilayah sungai yang bersangkutan. Tiga faktor terkait menentukan strategi atau kombinasi strategi mana yang mungkin sesuai di suatu DAS tertentu: iklim, karakteristik DAS, dan kondisi sosial ekonomi di wilayah tersebut. Sifat banjir di wilayah tersebut, dan akibat dari banjir tersebut merupakan fungsi dari faktor-faktor yang terkait ini.

Solusi optimal tergantung pada pengetahuan yang lengkap, tepat dan akurat. Mengingat ketidakpastian tentang masa depan, rencana pengelolaan banjir harus mengadopsi strategi yang fleksibel, tangguh, dan dapat beradaptasi dengan perubahan kondisi. Strategi semacam itu akan memiliki banyak segi dengan campuran opsi.

Pengelolaan Banjir Terpadu menghindari perspektif yang terisolasi dan jebakan asumsi bahwa beberapa bentuk intervensi selalu tepat dan yang lain selalu buruk. IFM yang sukses melihat situasi secara keseluruhan, membandingkan pilihan yang tersedia dan memilih strategi atau kombinasi strategi yang paling tepat untuk situasi tertentu. Rencana pengelolaan banjir harus mengevaluasi, mengadopsi dan menerapkan langkah-langkah struktural dan non-struktural yang sesuai dengan wilayah tersebut, dan harus menjaga terhadap tindakan yang menciptakan bahaya baru atau menggeser masalah dalam ruang dan waktu.

Tabel 4.1. Strategi dan Pilihan Pengelolaan Banjir

Strategi	Pilihan
Mengurangi Banjir	Bendungan dan waduk Tanggul dan tanggul banjir Pengalihan aliran tinggi Pengelolaan daerah tangkapan hujan Perbaikan saluran
Mengurangi Kerentanan terhadap Kerusakan	Peraturan dataran banjir Kebijakan pembangunan dan pemulihan bangunan Lokasi dan desain fasilitas Kode perumahan dan bangunan Infrastruktur anti banjir Prakiraan dan peringatan banjir
Mitigasi Dampak Banjir	Informasi dan edukasi kesiapsiagaan bencana Pemulihan pasca banjir Asuransi banjir
Melestarikan Sumber Daya Alam Dataran Banjir	Zonasi dan regulasi dataran banjir

Bukti menunjukkan bahwa strategi untuk mengurangi risiko melalui pengurangan bahaya banjir, melalui tindakan struktural seperti tanggul banjir atau tindakan non-struktural termasuk penghijauan, hanya dapat memberikan sebagian keselamatan bagi orang-orang yang menghuni dataran banjir.

Pengguna dataran banjir yang berpikir bahwa mereka memiliki perlindungan total dapat meningkatkan investasi mereka, dan ketika perlindungan gagal, mengalami kerugian yang lebih besar daripada yang seharusnya mereka alami. Bagi banyak masyarakat, biaya untuk mengurangi risiko – paling sering melalui penerapan langkah-langkah struktural berbiaya tinggi atau melalui kebijakan yang ditujukan untuk merelokasi penggunaan lahan “berisiko” – terlalu tinggi untuk terjangkau. Efek samping dari tindakan tersebut juga dapat merusak lingkungan atau bertentangan dengan tujuan pembangunan masyarakat. Dalam kasus seperti itu, strategi yang tepat mungkin untuk mengurangi kerentanan melalui kesiapsiagaan bencana dan tanggap darurat banjir. Namun, jika analisis masalah banjir menunjukkan bahwa masalah utamanya adalah kurangnya investasi di sektor pertanian karena terlalu seringnya banjir dan kerusakan pertanian yang diakibatkannya, pendekatan yang lebih beragam mungkin diperlukan. Pendekatan semacam itu dapat memberikan tingkat keamanan minimum melalui tanggul pertanian, dan memberikan insentif untuk penggunaan pertanian tetapi tidak harus untuk penggunaan perumahan atau bernilai lebih tinggi.

Korban jiwa dan harta benda dapat diminimalkan jika rencana tanggap bencana yang tepat, didukung oleh prakiraan yang cukup akurat dan andal, diterapkan dan dilatih dengan baik. Peta bahaya banjir, yang menunjukkan daerah-daerah yang berisiko banjir dalam probabilitas tertentu, memberikan peringatan paling canggih tentang kemungkinan bahaya dan membantu orang-orang untuk membuat keputusan tentang investasi di daerah-daerah tersebut. Namun, zonasi dataran banjir memiliki keterbatasan, terutama di negara berkembang

dengan tekanan populasi dan pembangunan yang tidak direncanakan, dan kapasitas kelembagaan yang tidak memadai untuk penegakannya.

Rencana pengelolaan banjir harus waspada terhadap kecenderungan untuk hanya mengadopsi intervensi jangka panjang, terutama setelah kejadian banjir ekstrem. Keberhasilan suatu strategi tergantung pada pemangku kepentingan, terutama masyarakat yang terkena dampak langsung banjir yang pada umumnya merupakan masyarakat marjinal yang berada di daerah rawan banjir. Kelompok masyarakat ini harus segera mendapatkan kepastian keselamatan melalui langkah-langkah jangka pendek. Oleh karena itu, rencana pengelolaan banjir perlu mencakup intervensi jangka panjang dan jangka pendek.

5) Memastikan Pendekatan Partisipatif

Definisi pembangunan berkelanjutan yang diadopsi pada KTT Bumi Rio 1992 menetapkan keterlibatan publik di semua tingkat pengambilan keputusan dan mengakui peran perempuan. Pada subjek air, definisi menekankan "pengelolaan pada tingkat yang sesuai terendah".

Identifikasi dan Partisipasi Pemangku Kepentingan: Pengelolaan Banjir Terpadu, seperti Terintegrasi Pengelolaan Sumber Daya Air, harus mendorong partisipasi pengguna, perencana dan pembuat kebijakan policy di semua tingkatan. Pendekatannya harus terbuka, transparan, inklusif dan komunikatif; harus memerlukan desentralisasi pengambilan keputusan; dan harus mencakup konsultasi publik dan keterlibatan pemangku kepentingan dalam perencanaan dan implementasi. Perwakilan dari semua pemangku kepentingan

hulu dan hilir perlu terlibat. Inti perdebatan dalam proses konsultasi pemangku kepentingan sering bukan apa tujuannya tapi apa yang seharusnya menjadi. Proses konsultasi pemangku kepentingan harus jelas tentang siapa yang berdiri di keputusan, dan harus memastikan bahwa yang berkuasa tidak mendominasi perdebatan.

Sangatlah penting bahwa perwakilan pemangku kepentingan yang baik terlibat dalam dialog IFM dan proses pengambilan keputusan. Dampak banjir dan intervensi sering terdistribusi secara berbeda di antara rumah tangga dan bagian masyarakat. Perempuan biasanya merupakan penyedia utama perawatan anak dan kesehatan, dan dengan demikian umumnya mengalami bagian yang tidak proporsional dari beban pemulihan dari banjir. Mereka juga memainkan peran sentral dalam penyediaan, pengelolaan dan pengamanan air, dan persyaratan khusus mereka dalam menangani situasi banjir perlu tercermin dalam pengaturan kelembagaan. Pengelolaan Banjir Terpadu harus menjaga perbedaan perspektif gender, agama dan budaya.

Konsultasi pemangku kepentingan harus menyediakan partisipasi minoritas dan masyarakat adat dan bagian sosial atau ekonomi yang lebih lemah dari masyarakat, dan perencanaan banjir harus memperhitungkan kepentingan bagian masyarakat yang rentan lainnya, seperti anak-anak dan orang tua. Pengetahuan masyarakat adat dalam mengatasi banjir harus menginformasikan campuran langkah-langkah yang dievaluasi. Pada saat yang sama, laju perubahan yang disebabkan oleh manusia pada sistem hidrologi dan iklim berarti bahwa kecukupan tindakan yang diadopsi dan diusulkan perlu dinilai kembali secara teratur. Bentuk partisipasi dapat

bervariasi, tergantung pada susunan sosial, politik dan budaya masyarakat. Partisipasi juga dapat dilakukan melalui perwakilan dan juru bicara yang dipilih secara demokratis atau melalui berbagai kelompok pengguna seperti asosiasi pengguna air, kelompok pengguna hutan dan pihak berkepentingan lainnya. Karena IWRM dan IFM bukanlah masalah yang terisolasi, dan biasanya mencerminkan karakteristik dan masalah umum masyarakat, model yang diadopsi untuk partisipasi pemangku kepentingan akan bervariasi dengan keadaan khusus.

Bottom-up dan Top-down: Berbagai kegiatan dan lembaga terlibat dalam keberhasilan penerapan strategi penanggulangan bencana. Mereka melibatkan individu, keluarga dan komunitas bersama dengan lintas bagian dari masyarakat sipil seperti lembaga penelitian, pemerintah dan organisasi sukarela. Semua lembaga ini memainkan peran penting dalam mengubah peringatan menjadi tindakan pencegahan. Anggota dari semua sektor, yang melibatkan berbagai disiplin ilmu harus terlibat dalam proses dan melaksanakan kegiatan yang mendukung pelaksanaan rencana mitigasi dan manajemen bencana.

Pendekatan ekstrim "bottom-up" berisiko fragmentasi daripada integrasi. Di sisi lain, pelajaran dari upaya pendekatan "top-down" di masa lalu dengan jelas menunjukkan bahwa lembaga dan kelompok lokal cenderung menghabiskan banyak upaya untuk menumbangkan niat lembaga yang seharusnya bertanggung jawab atas pengelolaan DAS secara keseluruhan. Penting untuk memanfaatkan kekuatan kedua pendekatan dalam menentukan campuran yang tepat.

Integrasi Sinergi Kelembagaan: Semua institusi tentu memiliki batasan geografis dan fungsional. Semua pandangan

dan kepentingan sektoral perlu dibawa ke dalam proses pengambilan keputusan. Semua kegiatan lembaga pembangunan lokal, regional dan nasional harus dikoordinasikan pada tingkat yang sesuai. Ini mungkin termasuk departemen dan kementerian, serta perusahaan swasta yang bekerja di bidang pertanian, pembangunan perkotaan dan daerah aliran sungai, industri dan pertambangan, transportasi, air minum dan sanitasi, pengentasan kemiskinan, kesehatan, perlindungan lingkungan, kehutanan, perikanan dan semua hal terkait lainnya. Tantangannya adalah untuk mempromosikan koordinasi dan kerjasama lintas batas fungsional dan administratif. Komite atau organisasi DAS, di tingkat DAS atau sub-DAS, dapat menyediakan forum yang tepat untuk koordinasi dan integrasi tersebut. Contoh terbaik dari praktik semacam itu mungkin ditemukan di mana keadaan memerlukan koordinasi dan kerja sama dari lembaga-lembaga yang ada.

6) Mengadopsi Pendekatan Manajemen Bahaya Terpadu

Bahaya tertentu di dalam DAS, seperti tanah longsor, memiliki potensi untuk mengubah risiko banjir di hilir dan, dikombinasikan dengan banjir, dapat menghasilkan semburan lumpur. Gelombang badai yang terkait dengan siklon tropis sangat mempengaruhi banjir di daerah muara dan berpotensi menempuh jarak puluhan kilometer ke hulu sehingga mempengaruhi banjir sungai. Bahaya seperti itu membutuhkan pendekatan multi-bahaya. Pendekatan holistik untuk perencanaan dan manajemen darurat lebih disukai daripada pendekatan khusus bahaya, dan IFM harus menjadi bagian dari sistem manajemen risiko yang lebih luas. Pendekatan ini

mendorong pertukaran informasi terstruktur dan pembentukan hubungan organisasi yang efektif.

Pendekatan manajemen bahaya terpadu mencakup masalah pembangunan bersama dengan perencanaan darurat, pencegahan, pemulihan dan skema mitigasi, dan menawarkan penanganan yang lebih baik terhadap risiko umum terhadap kehidupan, serta penggunaan sumber daya dan personel yang lebih efisien. Oleh karena itu, hal ini memastikan konsistensi dalam pendekatan terhadap pengelolaan bahaya alam di semua rencana nasional atau lokal yang relevan. Peringatan dini dan prakiraan merupakan kaitan utama dengan serangkaian langkah yang diperlukan untuk mengurangi dampak sosial dan ekonomi dari semua bahaya alam, termasuk banjir. Agar efektif, bagaimanapun, peringatan dini dari semua bentuk bahaya alam harus berasal dari otoritas yang ditunjuk secara resmi dengan tanggung jawab yang ditugaskan secara hukum.

F. Menempatkan Pengelolaan Banjir Terpadu Dalam Praktik

Sebagai bagian integral dari Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu, Pengelolaan Banjir Terpadu menghadapi tantangan serupa. Pelaksanaan IFM dan IWRM yang efektif membutuhkan lingkungan yang mendukung dalam hal kebijakan, legislasi dan informasi; peran dan fungsi kelembagaan yang jelas; dan instrumen manajemen untuk regulasi, pemantauan dan penegakan yang efektif. Persyaratan ini merupakan fungsi dari kondisi iklim, hidrologis dan fisik spesifik DAS ditambah dengan interaksi budaya, politik dan

sosial-ekonomi dan rencana pembangunan yang ada untuk lokasi tersebut.

Kebijakan yang Jelas dan Objektif Didukung dengan Peraturan Perundang-undangan

Sifat masalah banjir menciptakan situasi persaingan klaim dan terkadang perlunya tindakan segera untuk memenuhi aspirasi masyarakat, terutama sesaat setelah banjir besar. Dalam keadaan seperti itu integrasi sering kali menjadi korban pertama. Dengan demikian, komitmen politik terhadap prinsip dan praktik IFM sangat penting. Strategi yang dikembangkan untuk IFM perlu diterjemahkan ke dalam kebijakan khusus untuk perencanaan, alokasi dan pengelolaan sumber daya, tidak hanya di satu sektor seperti transportasi atau lingkungan, tetapi di semua sektor yang memiliki pengaruh pada pembentukan dan pengelolaan banjir. Menghubungkan pengelolaan banjir dengan IWRM memberikan hubungan lintas sektoral dengan pembangunan sosial dan ekonomi, dan menjadi dasar bagi partisipasi pemangku kepentingan. Pendekatan ini mungkin menyiratkan perombakan besar-besaran terhadap kebijakan, undang-undang, dan lembaga manajemen. Kebijakan yang jelas dan objektif untuk tujuan pemerintah yang dideklarasikan, didukung dengan peraturan perundang-undangan yang sesuai untuk memungkinkan proses integrasi, merupakan prasyarat.

Pengelolaan Banjir Terpadu berupaya mengembangkan dan mengadopsi kebijakan yang menanggapi kebutuhan jangka panjang dan yang menangani sendiri kejadian banjir ekstrem dan normal, sambil memberikan partisipasi pemangku kepentingan dalam proses tersebut. Ketentuan kebijakan ini

memerlukan kerangka kerja legislatif yang tepat yang mendefinisikan hak, wewenang, dan kewajiban lembaga terkait dan penghuni dataran banjir. Peraturan dapat mencakup isu-isu seperti zonasi dataran banjir, pelaksanaan layanan prakiraan dan peringatan banjir dan cuaca buruk, dan tanggap bencana, antara lain. Selain itu, lingkungan pendukung dasar untuk IWRM menggabungkan prinsip-prinsip penggunaan air dan lahan, membutuhkan pemahaman yang jelas tentang hak atas air dan menetapkan legitimasi pemangku kepentingan. Legislasi terkait banjir jarang terjadi, terutama di negara berkembang, dan implementasi legislasi yang efektif membutuhkan komitmen politik jangka panjang.

Perlunya Pendekatan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Sungai dan danau merupakan sistem dinamis dengan interaksi kompleks antara lingkungan darat dan air (Gambar 2). Interaksi ini tidak hanya melibatkan air tetapi juga tanah, sedimen, polutan dan nutrisi. Sistem bersifat dinamis baik dalam ruang maupun waktu. Fungsi cekungan secara keseluruhan diatur oleh sifat dan tingkat simpang susun ini.

Peningkatan kegiatan ekonomi, seperti pertambangan, pertanian atau urbanisasi, dapat mengakibatkan deforestasi skala besar, yang mengarah pada hasil sedimen yang lebih besar dari tangkapan air. Tanah longsor yang disebabkan oleh aktivitas alam atau manusia di daerah perbukitan meningkatkan konsentrasi sedimen di sungai. Peningkatan konsentrasi sedimen mengganggu rezim sungai alami. Sementara sebagian besar sedimen dibawa ke laut, sebagian besar diendapkan di saluran sungai sehingga mengurangi kapasitas pembuangan sistem pengangkut sedimen. Selama

beberapa tahun, hal ini terkadang mengakibatkan beberapa bentangan dasar sungai menjadi terangkat di atas dataran banjir di sekitarnya, sementara proses erosi mendominasi hilir waduk, karena sedimen terperangkap oleh waduk tersebut.

Urbanisasi skala besar di daerah tangkapan air yang relatif kecil menonjolkan puncak banjir dan mengurangi waktu konsentrasi. Hal ini karena permukaan tanah di cekungan perkotaan – terdiri dari atap, jalan beraspal dan permukaan kedap air lainnya – meningkatkan volume aliran permukaan dan mengurangi pengisian air tanah dan evapotranspirasi. Di dataran rendah dan daerah pesisir, tanggul jalan dan rel serta infrastruktur serupa dapat menghambat aliran banjir dan memperburuk kondisi banjir di hulu. Demikian pula, langkah-langkah untuk meningkatkan navigasi dapat memiliki efek drastis pada keanekaragaman hayati dan meningkatkan risiko banjir. Persyaratan-persyaratan ini dan persyaratan-persyaratan lain yang bersaing membutuhkan pendekatan terpadu di seluruh wilayah sungai untuk pengelolaan banjir.

Sementara DAS adalah unit dasar untuk perencanaan dan pengelolaan sumber daya air, integrasi di tingkat DAS dapat menyebabkan sub-optimalisasi di tingkat yang lebih luas (nasional atau regional). Pengelolaan Banjir Terpadu perlu mempertimbangkan fungsi daerah aliran sungai, dan strategi mata pencaharian rumah tangga dan masyarakat, tetapi juga untuk menangani pengelolaan banjir dalam strategi pembangunan bangsa atau wilayah secara keseluruhan. Baik integrasi ke atas ke dalam kebijakan nasional maupun integrasi lateral di antara berbagai kebijakan nasional dan regional sangat penting. Pada saat yang sama, peran otoritas lokal, regional dan nasional dalam mengidentifikasi dan menangani

masalah pembangunan dan dalam melaksanakan program dan kegiatan pembangunan harus jelas bagi semua yang terlibat.

Struktur Kelembagaan melalui Keterkaitan yang Tepat

Dalam perencanaan Pengelolaan Banjir Terpadu, mencapai tujuan bersama dari pembangunan berkelanjutan memerlukan koordinasi proses pengambilan keputusan dari sejumlah otoritas pembangunan yang terpisah. Setiap keputusan yang mempengaruhi respon hidrologi DAS harus memperhitungkan setiap keputusan serupa lainnya. Sayangnya, batas-batas geografis suatu DAS jarang bertepatan dengan batas-batas kelembagaan yang terlibat dalam pengelolaan DAS tersebut. Di masa lalu, sungai menjadi pembatas penting sehingga garis tengah sungai biasanya menjadi batas penting antar entitas politik. Beberapa fragmentasi dan pembagian tanggung jawab tidak dapat dihindari, dan institusi memiliki aturan formal dan informal yang mengatur apa yang bisa dan tidak bisa mereka lakukan. Aturan-aturan ini biasanya menentukan baik ruang geografis di mana lembaga dapat beroperasi dan juga fungsi atau tujuan yang dapat mereka kejar.

Pada skala cekungan internasional, integrasi prinsip-prinsip IFM ke dalam kerangka kerja yang lebih luas untuk pemanfaatan dan perlindungan aliran air internasional sangat penting. Sekitar 40 persen populasi dunia tinggal di lembah sungai dan danau yang terdiri dari dua negara atau lebih, dan mungkin lebih signifikan, lebih dari 90 persen tinggal di negara-negara yang berbagi wilayah sungai secara internasional. Perundang-undangan nasional harus mempertimbangkan kewajiban internasional dalam aliran air

lintas batas, dan komunikasi antara negara-negara riparian yang terkena banjir harus seefektif dan seefisien mungkin. Demikian pula, aturan hukum internasional yang ada, terutama yang berkaitan dengan “pemanfaatan yang adil dan wajar” dan “tidak membahayakan secara signifikan” harus menjadi dasar perilaku dalam aliran air bersama secara internasional. Pengelolaan Banjir Terpadu berupaya mencapai sinergi yang saling menguntungkan antara kepentingan nasional untuk memajukan kemakmuran daerah dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat melalui pemanfaatan sumber daya alam suatu daerah sebaik mungkin. Prinsip yang sama berlaku untuk negara-negara yang diorganisir secara federal di mana sungai-sungai dibagi di tingkat subnasional.

Kelembagaan-kelembagaan Berbasis Masyarakat

Darat dan Air integrasi dan koordinasi lintas sektor membutuhkan partisipasi pemangku kepentingan yang melibatkan kelembagaan berbasis masyarakat. Pengelolaan Banjir Terpadu berupaya menemukan cara untuk berkoordinasi dan bekerja sama lintas batas kelembagaan untuk mencapai keputusan di tingkat DAS, dan melibatkan lembaga tingkat lokal baik dalam keputusan maupun pelaksanaannya. Beberapa lembaga mungkin perlu mengubah proses pengambilan keputusan mereka untuk memfasilitasi keterlibatan masyarakat dalam pendekatan “dari bawah ke atas” ini. Keberhasilan Pengelolaan Banjir Terpadu tergantung pada hubungan antar pemangku kepentingan, dan pada seperangkat aturan yang adil dan transparan untuk partisipasi pemangku kepentingan.

Pendekatan yang jelas tetapi berbahaya bagi IFM adalah mendirikan lembaga-lembaga baru yang akan

menerapkan pengelolaan banjir dengan memiliki wewenang atas semua lembaga yang ada yang saat ini menjalankan fungsi-fungsi IFM di wilayah geografis masing-masing. Pendekatan sederhana seperti itu terhadap pengelolaan sumber daya air sepertinya tidak akan berhasil. Mengingat interaksi yang luas antara penggunaan lahan, karakteristik hidrologis dan hidrolis dari sistem drainase, pendekatan organisasi DAS untuk pengelolaan banjir lebih disukai. Pendekatan ini dapat memastikan bahwa institusi lokal tidak mengabaikan efek tindakan mereka terhadap pemangku kepentingan di hilir. Oleh karena itu, kapasitas kelembagaan dan masyarakat yang ada mungkin perlu ditingkatkan untuk memenuhi persyaratan IFM.

Intervensi multi-tujuan sering kali membutuhkan penyelesaian konflik antara berbagai kelompok pengguna atau pemangku kepentingan karena sulitnya mencapai konsensus. Ketidakpastian yang melekat dalam berbagai elemen dan opsi yang menyusun strategi dapat memperburuk kesulitan ini, dan membuat pendefinisian solusi optimal menjadi tidak mungkin. Oleh karena itu, sistem partisipasi pemangku kepentingan harus mencakup mekanisme untuk pembangunan konsensus dan manajemen konflik.

Pendekatan multidisiplin

Manajemen Banjir Terpadu membahas interaksi antara manfaat penggunaan air banjir dan dataran banjir, di satu sisi, dan risiko yang ditimbulkan oleh peristiwa ekstrem terhadap pembangunan berkelanjutan di daerah rawan banjir di sisi lain. Masalah banjir dipengaruhi tidak hanya oleh penyebab fisik banjir tetapi juga oleh keadaan sosial, ekonomi, dan politik

secara keseluruhan di wilayah yang bersangkutan. Selanjutnya, penilaian dampak banjir merupakan bagian penting dan integral dari penilaian dan pengelolaan risiko banjir. Pemahaman tentang efek (lingkungan, ekonomi dan sosial) dari suatu peristiwa diperlukan untuk penilaian rasio manfaat-biaya dari berbagai pilihan strategi manajemen risiko.

Kebutuhan untuk mempertimbangkan kerentanan dalam pengelolaan risiko memerlukan pendekatan multidisiplin dengan kolaborasi dan koordinasi yang erat di antara berbagai kementerian, sektor, dan lembaga pembangunan di berbagai tingkat administrasi. Pengambilan keputusan tidak lagi satu dimensi dan terfokus pada efisiensi ekonomi, tetapi semakin menjadi multi-dimensi dan berkaitan dengan pencapaian berbagai tujuan yang seringkali bertentangan. Keterlibatan berbagai pemangku kepentingan sangat penting untuk membuat keputusan yang lebih baik. Keragaman yang berkembang dalam nilai dan opini publik telah membuat sulit untuk mengevaluasi dan membenarkan sebuah proyek dengan satu metode tunggal. Menangkap nilai dan opini yang beragam ini membutuhkan partisipasi publik dalam proses perencanaan. Sejumlah besar negara telah mengeluarkan peraturan yang mengharuskan keterlibatan publik dalam proses pengambilan keputusan, dan IFM membutuhkan keterlibatan semua pemangku kepentingan termasuk masyarakat sipil dan komunitas yang terkena dampak langsung. Dalam beberapa kasus, publik atau masyarakat lebih kreatif dan inovatif dibandingkan dengan pengelola kota, dan bahkan memberikan ide untuk program di wilayah lain.

Manajemen adaptif

Pengetahuan ilmiah tentang risiko banjir di masa depan mengandung ketidakpastian karena input alam yang tidak pasti dalam hal perubahan iklim dan perubahan yang disebabkan oleh manusia di daerah tangkapan. Dalam kondisi seperti itu, kebijakan untuk mengatasi risiko yang tidak pasti ini harus didasarkan pada pendekatan yang kuat namun fleksibel. Manajemen adaptif telah diakui secara luas sebagai pendekatan untuk menangani ketidakpastian ilmiah seperti itu, di mana keputusan dibuat sebagai bagian dari proses berbasis sains yang berkelanjutan. Ini melibatkan perencanaan, tindakan, pemantauan, dan evaluasi strategi yang diterapkan, dan menggabungkan pengetahuan baru saat tersedia ke dalam pendekatan manajemen. Pemantauan dan hasil yang dievaluasi secara berkala digunakan untuk memodifikasi kebijakan, strategi, dan praktik manajemen. Manajemen adaptif secara eksplisit mendefinisikan hasil yang diharapkan, merancang metode untuk mengukur tanggapan, mengumpulkan dan menganalisis informasi untuk membandingkan harapan dengan hasil aktual, belajar dari perbandingan, dan mengubah tindakan dan rencana yang sesuai. Proses ini menjadikan tahapan kegiatan berbentuk siklus, dimana dalam setiap putaran siklus dilakukan evaluasi dan perbaikan berkelanjutan.

Manajemen dan Pertukaran Informasi

Keterlibatan pemangku kepentingan dalam Pengelolaan Banjir Terpadu kemungkinan besar akan membangun konsensus di mana para pemangku kepentingan mendukung pendekatan IFM holistik, melihat melampaui kepentingan jangka pendek mereka yang sempit dan

menghargai sudut pandang yang berbeda secara rasional dan objektif. Keterlibatan pemangku kepentingan yang efektif mungkin memerlukan upaya pengembangan kapasitas untuk memastikan bahwa pemangku kepentingan beroperasi dari basis pengetahuan yang baik dan relevan serta didukung oleh saran ahli. Masyarakat harus dilibatkan secara penuh dalam pengumpulan data dan informasi serta dalam merumuskan dan melaksanakan rencana tanggap darurat dan tanggap darurat pascabencana. Berbagi dan bertukar data, informasi, dan pengalaman di antara para ahli, masyarakat umum, dan semua orang lain yang terlibat sangat penting untuk pembangunan konsensus dan manajemen konflik, dan untuk penerapan strategi yang dipilih. Pertukaran informasi ini harus dilakukan secara transparan dan melibatkan semua pihak. Berbagi lintas batas dan pertukaran informasi banjir sangat penting untuk menerapkan rencana kesiapsiagaan banjir di daerah hilir. Informasi terkait kesiapsiagaan dan tanggap darurat banjir harus dibagikan sebagai barang publik.

Instrumen Ekonomi yang Tepat

Biaya hidup di dataran banjir sebagian ditanggung oleh penghuni dataran banjir, melalui kerugian ekonomi dan berkurangnya kesempatan, dan sebagian lagi oleh pembayar pajak, melalui tindakan perlindungan yang didanai pemerintah serta kegiatan bantuan dan rehabilitasi. Sejauh mana perpecahan ini dapat diterima tergantung pada konstruksi sosial dan ekonomi masyarakat. Biaya mengambil risiko banjir harus didistribusikan tidak hanya di antara mereka yang menempati dataran banjir dan memperoleh manfaat langsung, tetapi juga di antara mereka yang memperoleh manfaat tidak

langsung. Idealnya, bagian publik dalam risiko harus sepadan dengan keuntungan pembayar pajak umum dari kegiatan ekonomi dataran banjir yang diduduki. Sejauh mana pemerintah harus mendanai kegiatan pengelolaan banjir dan membayar subsidi untuk asuransi banjir harus diperdebatkan secara lokal dalam konteks kebijakan sosial-ekonomi pemerintah. Pembagian biaya risiko banjir yang adil dan merata harus ditentukan secara transparan. Keberhasilan pendekatan Pengelolaan Banjir Terpadu sampai batas tertentu tergantung pada bagaimana instrumen ekonomi (pajak, subsidi, dan asuransi) untuk berbagai risiko banjir digunakan.

Tantangan Praktek Pengelolaan Banjir Terpadu

Banjir adalah kejadian alam yang merupakan bagian dari suatu siklus alami yang biasa dikenal sebagai siklus hidrologi. Banjir dapat dikatakan sebagai bencana apabila menyebabkan terjadinya kerugian bahkan korban jiwa. Banjir yang sering terjadi dalam beberapa tahun terakhir sebenarnya merupakan akumulasi dampak intervensi manusia yang tidak bersahabat terhadap alam. Sebagai dampak intervensi manusia, banjir yang semula merupakan besaran debit dengan kala ulang 5 – 10 tahun, sekarang sudah bergeser menjadi kala ulang 2 tahun (Sedyowati, 2015) [26], dan bahkan di beberapa tempat, misalnya Jakarta, sudah menjadi siklus 1 tahunan (<https://syahrin88.wordpress.com/2010>).

1) Sistem Drainase Yang Kurang Memadai

Untuk mengalirkan air buangan baik yang berasal dari hujan maupun limbah domestik menuju badan air dan akhirnya ke laut, peran saluran drainase sangatlah penting. Agar air buangan tidak melimpas ke area di sekitar saluran, maka

saluran drainase harus mempunyai kapasitas yang sesuai dengan jumlah aliran yang akan disalurkan. Di beberapa bagian, kapasitas saluran berkurang yang dapat disebabkan oleh penyempitan saluran karena adanya bangunan liar dan tumpukan sampah di tepi saluran, serta pendangkalan dasar saluran akibat sedimentasi dan timbunan sampah. Permasalahan ini sudah menjadi masalah klasik sistem drainase di hampir seluruh kota besar di Indonesia. Permasalahan lainnya adalah semakin meningkatnya jumlah limpasan permukaan. Limpasan permukaan dengan jumlah yang meningkat sangat cepat dalam waktu yang singkat menyebabkan kapasitas saluran tidak dapat memenuhi sesuai debit rancangan yang digunakan pada saat analisis perencanaan. Air yang tidak tertampung di saluran akan melimpas di permukaan lahan secara tidak terkendali serta menimbulkan banjir dan genangan di sebarang tempat.

Peningkatan jumlah limpasan dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain perubahan karakteristik hujan sebagai dampak perubahan iklim, serta perubahan penggunaan dan tutupan lahan. Dalam dua dekade terakhir telah terjadi perubahan karakteristik hujan yang signifikan, dimana kurang lebih 50% kejadian hujan merupakan hujan dengan intensitas tinggi dan durasi singkat. Saat ini, hujan dengan kala ulang 2 tahun sudah menyebabkan luapan di saluran (Sedyowati, 2015). Sedangkan perubahan penggunaan dan tutupan lahan dipicu oleh peningkatan jumlah penduduk yang berdampak pada semakin meningkatnya fasilitas dan infrastruktur kota antara lain perumahan, gedung, pertokoan, sekolah, jalan, dan fasilitas umum lainnya. Penambahan fasilitas dan infrastruktur menyebabkan ketersediaan lahan terbuka di

perkotaan semakin berkurang. Hal ini berdampak pada semakin menurunnya kemampuan lahan untuk meresapkan air hujan, Bahkan di beberapa tempat air hujan langsung melimpas seluruhnya di permukaan lahan. Intensitas hujan yang tinggi dan permukaan tanah yang sudah tertutup perkerasan menyebabkan air hujan tidak lagi dapat dikendalikan dan melimpas di sebarang tempat di permukaan lahan.

Dampak lain dari perkembangan kota antara lain luas lahan yang terbatas untuk penambahan fasilitas dan infrastruktur menyebabkan harga tanah semakin tinggi. Bagi kaum pendatang yang sebagian besar merupakan masyarakat marjinal, memiliki rumah yang layak huni menjadi suatu kemustahilan. Pada akhirnya, mereka memilih bantaran sungai atau saluran sebagai tempat bermukim. Hal ini menyebabkan kapasitas sungai atau saluran berkurang, sehingga semakin berkurang limpasan air hujan yang dapat ditampung oleh drainase kota. Sebagai contoh, menurut laporan yang dikeluarkan oleh Pemerintah DKI Jakarta, Sungai Ciliwung yang semula memiliki lebar 65 meter, saat ini berkurang lebarnya kurang lebih 20-30% menjadi 15-20 meter akibat permukiman liar di bantaran sungai tersebut.

Menurut PP 35 Tahun 1991 yang diperbarui dengan PP 38 Tahun 2011, Bantaran sungai adalah lahan pada kedua sisi sepanjang palung sungai dihitung dari tepi sampai dengan kaki tanggul sebelah dalam. Bantaran sungai, daerah retensi, dataran banjir dan waduk banjir selain berfungsi untuk pengendalian banjir dapat pula dimanfaatkan untuk kepentingan lain yang berguna bagi masyarakat di sekitarnya dengan syarat-syarat dan tata cara yang ditetapkan Menteri. Dalam keadaan aman, bantaran sungai, daerah retensi, dataran

banjir dan waduk banjir, merupakan lahan yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan tertentu, akan tetapi penggunaannya perlu diatur dengan maksud agar dicapai kemanfaatan yang setinggi-tingginya tanpa merusak fungsi sungai dan bangunan sungai. Hal-hal yang perlu diatur misalnya mengenai jenis tanaman yang boleh ditanam dipilih yang tidak akan mengganggu fungsi bantaran dan/atau daerah sempadan yang bersangkutan dan larangan menanam tanaman keras dan sebagainya. Namun hal ini dalam penerapannya dijumpai banyak kendala karena dari sudut pandang masyarakat, khususnya pendatang dari daerah yang mengadu nasib di kota, bantaran sungai adalah lahan kosong tanpa pemilik yang dapat dibuat sebagai tempat bermukim dengan cepat tanpa perlu mengurus ijin dan sebagainya. Sebagian masyarakat sebenarnya paham tentang bahaya tinggal di bantaran sungai (Sedyowati, 2020; Wahyuni, 2021) [27], [28], namun mereka terpaksa membangun tempat tinggal di kawasan tersebut karena tidak ada pilihan lain. Penyempitan sungai yang terjadi karena adanya bangunan-bangunan rumah penduduk semakin parah dengan kebiasaan masyarakat yang membuang limbah domestik dan sampah langsung ke sungai. Hampir di semua kota besar di Indonesia, terlihat adanya timbunan sampah yang membukit di sudut-sudut bantaran sungai. Hal ini menyebabkan potensi terjadinya banjir menjadi semakin besar.

Selama ini memang berlaku persepsi di masyarakat bahwa sungai merupakan tempat pembuangan sampah. Dengan membuang sampah di sungai masyarakat tidak perlu bersusah payah membuat lubang untuk menimbun sampah, atau membuat bak sampah yang selanjutnya ada petugas yang

secara rutin mengambil sampah untuk dikumpulkn ke tempat pembuangan sampah sementara (TPS) dan akhirnya dikumpulkan ke tempat pembuangan sampah akhir (TPA). Hal ini tentu saja memerlukan biaya operasional yang dibebankan ke masyarakat. Oleh karenanya bagi masyarakat di kawasan tersebut membuang sampah di sungai merupakan cara yang paling mudah dan cepat untuk membuang sampah tanpa memperhatikan dampak yang terjadi.

2) Keterbatasan Lahan Resapan Air

Pembangunan, khususnya di wilayah perkotaan, menjadi salah satu penyebab berkurangnya lahan terbuka. Lahan terbuka yang semula dapat difungsikan sebagai daerah resapan tertutup oleh bangunan gedung dan jalan. Permukaan lahan yang semula permeable sekarang menjadi kedap air karena tertutup oleh lapisan beton dan aspal. Berdasarkan regulasi yang dikeluarkan oleh PBB, ruang terbuka hijau yang berfungsi sebagai daerah resapan dan daerah penyangga idealnya 30% dari seluruh luas kota. Dengan persentase luas tersebut maka fungsi ekologis dan fungsi sosial kota, yaitu sebagai penyaring udara dari polusi dan kebisingan atau polusi suara, dapat terpenuhi dengan baik. Rata-rata luas ruang terbuka hijau di kota-kota besar di Indonesia hanya berkisar 10%. Daerah resapan air semakin berkurang karena dialihfungsikan menjadi kawasan komersil. Penegakan hukum terkait RTRW sepertinya sudah tidak berfungsi.

G. Catatan Akhir

Pengelolaan Banjir Terpadu didasarkan pada konsep luas yang menggunakan kombinasi kebijakan, peraturan,

keuangan, dan tindakan fisik yang berfokus pada penanganan banjir dalam kerangka IWRM sambil menyadari bahwa banjir memang memiliki dampak yang menguntungkan dan tidak pernah bisa dikendalikan sepenuhnya. Dapat dicatat bahwa tulisan ini tidak merinci berbagai komponen IWRM termasuk lingkungan yang mendukung, dialog lintas sektoral dan hulu-hilir, kerjasama dalam DAS internasional, pembangunan kapasitas kelembagaan dan masyarakat, dan lain sebagainya, yang sama pentingnya untuk IFM.

Bab 5

Studi Kasus di Kota Malang: Penataan Lingkungan Bantaran Sungai Berbasis Masyarakat

Undang-undang Republik Indonesia Nomer 7 Tahun 2004 tentang Sumberdaya Air dan Peraturan Republik Indonesia Nomer 42 Tahun 2008 tentang Pengelolaan SDA yang selanjutnya juga telah dilengkapi dengan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomer 33 Tahun 2011 tentang Kebijakan Nasional Pengelolaan SDA sebagai landasan operasional bagi pengelola SDA di tingkat Propinsi dan Daerah Kota/Kabupaten, telah mengamanatkan perlunya peningkatan partisipasi masyarakat dan dunia usaha dalam pengelolaan SDA yang meliputi 3 (tiga) fungsi pengelolaan SDA yaitu konservasi, pendayagunaan, pengendalian daya rusak air.

Pembangunan yang sangat pesat, pertambahan jumlah penduduk serta meningkatnya kegiatan ekonomi selama tiga dasawarsa terakhir mengakibatkan peningkatan alih fungsi lahan di berbagai wilayah. Perubahan lahan menjadi lahan permukiman, perkotaan, dan budidaya pertanian serta peruntukan lainnya mengakibatkan berkurangnya kapasitas resapan air, peningkatan erosi lahan, sedimentasi pada badan-badan air, serta peningkatan kerentanan kawasan terhadap bahaya kekeringan, banjir dan tanah longsor, pencemaran air, intrusi air laut serta penurunan produktivitas lahan yang semuanya itu akan mengakibatkan kerugian ekonomi, kerawanan sosial dan kerusakan lingkungan.

Tidak dapat dipungkiri bahwa pada setiap musim penghujan hampir di setiap kota besar di Indonesia selalu

mengalami genangan bahkan banjir. Sebagai contoh, kota Malang yang merupakan daerah yang terletak di dataran tinggi dengan kemiringan permukaan tanah bervariasi, pada setiap musim hujan pada titik-titik tertentu di hampir seluruh wilayah kota selalu mengalami genangan.

Dalam menyelesaikan permasalahan banjir, masyarakat secara swadaya juga telah melakukan upaya-upaya penanggulangan banjir antara lain perbaikan dan pemeliharaan saluran setempat, peningkatan ketahanan dan adaptasi terhadap risiko atau bahaya genangan/banjir, namun upaya yang dilakukan tersebut hanya dilakukan oleh sebagian kecil masyarakat dan belum merata pada seluruh wilayah khususnya pada titik-titik rawan banjir sehingga tidak memberikan hasil yang signifikan. Di sisi lain, permasalahan banjir merupakan permasalahan yang menjangkau seluruh lapisan masyarakat termasuk dunia usaha.

A. Rumusan Masalah

Genangan atau banjir yang terjadi di perkotaan disebabkan oleh faktor-faktor teknis yang hampir sama antara lain perkembangan kota yang menyebabkan berkurangnya lahan resapan, berkurangnya kapasitas saluran drainase yang disebabkan oleh pendangkalan saluran dan penyempitan penampang saluran karena adanya bangunan liar, penyumbatan saluran karena sampah, dan banjir kiriman karena perubahan tutupan lahan dari daerah hulu.

Sedangkan faktor non teknis penyebab banjir antara lain perilaku masyarakat yang kurang mendukung upaya pengendalian banjir yang meliputi pencegahan dan penanggulangan banjir.

Keterbatasan pengetahuan dan pemahaman masyarakat dan dunia usaha dalam pengelolaan sumber daya air menjadi faktor penyebab kurangnya perhatian dan peran mereka terhadap upaya pelestarian sumber daya air dan pemeliharaan sarana dan prasarannya. Sedangkan di sisi lain potensi yang sebenarnya dimiliki oleh masyarakat dan dunia usaha cukup besar. Hal ini dapat dilihat dari berbagai upaya yang telah dilakukan dalam mengatasi genangan/banjir secara swadaya baik oleh masyarakat maupun dunia usaha seperti dijelaskan pada alinea sebelumnya.

Membangun partisipasi masyarakat bukan hal yang mudah. Keberhasilan mobilisasi masyarakat hanya dapat dicapai apabila masyarakat benar-benar merasakan manfaat dari program yang dilaksanakan. Namun di sisi lain, karakteristik masyarakat itu sendiri juga berpengaruh terhadap keberhasilan dan keberlanjutan program yang melibatkan partisipasi aktif masyarakat. Demikian juga dengan program-program pengendalian banjir, meskipun program ini jelas-jelas memberikan manfaat langsung kepada masyarakat, tapi keterlibatan aktif mereka sangat terbatas.

B. Inovasi Pemecahan Masalah

Dalam menyelesaikan permasalahan banjir, Pemerintah telah melakukan berbagai macam upaya baik secara fisik/teknis, antara lain pembuatan dan perbaikan saluran dan system drainase, peningkatan luas ruang terbuka hijau (RTH) untuk resapan air, penanaman kembali hutan gundul di daerah hulu, maupun upaya non fisik/non teknis antara lain, kampanye sadar lingkungan melalui spanduk, baliho dan media massa. Di samping itu telah diupayakan ketersediaan dokumen pedoman

operasional yang mengatur pelibatan masyarakat dan dunia usaha yang terintegrasi dengan upaya pemerintah agar peran masyarakat dapat lebih dioptimalkan untuk mencapai hasil yang sesuai harapan.

Dasar dalam melakukan inovasi dalam menyelesaikan permasalahan banjir di kota Malang Perda Kota Malang No. 4 tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Malang Tahun 2010–2030, pasal 14 ayat (3) Strategi Pengembangan prasarana wilayah Kota Malang, poin (g): Mengembangkan sistem jaringan sumber daya air, dengan upaya:

1. Memperbaiki/normalisasi saluran irigasi;
2. Meningkatkan jaringan irigasi untuk pertanian yang ada di kota;
3. Memisahkan saluran irigasi dengan saluran drainase kota;
4. Memperbaiki bangunan air yang berada pada badan air di wilayah kota;
5. Mengendalikan daya rusak air;
6. Mengoptimalisasikan keberadaan sempadan sungai;
7. Mengembangkan prasarana konservasi sumber daya air untuk memelihara keberadaan serta keberlanjutan sumber daya air.

C. Kampung Telolet Om

“Kampung Telolet Om” suatu model pendekatan baru yang merupakan inovasi dari Bidang SDA dan Drainase DPUPR kota Malang untuk memobilisasi masyarakat agar berperan aktif dalam program pengendalian banjir dan penataan lingkungan di kawasan perkotaan padat penduduk.

Masyarakat pada umumnya tidak terlepas dari keadaan sosial yang terjadi dalam kehidupan, saling berhubungan

antara satu dengan yang lain, serta saling berinteraksi untuk mencapai tujuan hidup. Dalam mewujudkan ketersediaan pangan, usaha masyarakat untuk memasok makanan serta sumber daya yang diperlukan untuk mendukungnya sangat signifikan. Berkaitan dengan hal tersebut, munculnya inovasi **"Kampung Telolet Om (Terong, Lombok, Lele dan Tomat)"** tidak hanya difokuskan untuk menanggulangi permasalahan banjir/genangan namun juga dapat memberikan manfaat serta *benefit* bagi sosial masyarakat sekitarnya.

"Kampung Telolet Om (Terong, Lombok, Lele dan Tomat)" hadir sebagai suatu inovasi Model Penanggulangan Banjir dengan tetap menjaga konservasi lahan saluran drainase/irigasi agar bisa memberikan manfaat bagi sosial masyarakat sekitarnya. Dengan demikian hasil dari Model ini tidak hanya memberikan *outcome* tetapi juga *benefit* bagi masyarakat sesuai dengan anjuran Bapak Presiden RI.

Benefit yang dimaksudkan di atas adalah dapat membuka peluang lapangan pekerjaan bagi masyarakat sekitar dan memberikan tambahan nilai ekonomis berupa hasil panen terong, lombok, lele, dan tomat yang bisa dirasakan oleh masyarakat sekitarnya. Dengan adanya *benefit* tersebut diharapkan keterlibatan dan partisipasi aktif masyarakat pada **"Kampung Telolet Om"** tetap terjaga keberlanjutannya. Berikut gambar serta karakteristik Terong, Lombok, serta Tomat yang ditanam pada Kampung Telolet Om:

1. Terong Sulawesi (*Chypomandra Betaceasenat*)



Gambar 6.1 Terong Sulawesi

Karakteristik:

- a. Merupakan buah unggulan Kabupaten Tana Toraja, provinsi Sulawesi Selatan
- b. Memiliki rasa aroma yang khas
- c. Mengandung Vitamin A, B, C dan E, Mineral (khususnya kalsium, besi dan fosfor)
- d. Berwarna merah jambu sampai biru muda dan harum

2. **Lombok Gendot** (*Capsicum chinense*)



Gambar 6.2 Lombok Gendot muda



Gambar 6.3 Lombok Gendot matang

Karakteristik:

- a. Merupakan tanaman berbunga abadi (akan menghasilkan bunga dan juga buah dalam waktu yang lama jika ditangani dengan benar) pada tanah berkadar pH sekitar 5-6
- b. Meskipun dengan iklim sedang, dapat diperlakukan secara tahunan
- c. Di negara dengan iklim tropis dan subtropis akan tetap berproduksi sepanjang tahun selama kondisi tanaman baik

3. Tomat Cherry



Gambar 6.4 Tomat Cherry

Karakteristik:

- a. Memiliki ukuran lebih kecil dari jenis tomat biasa
- b. Kalau sudah matang berwarna sangat merah

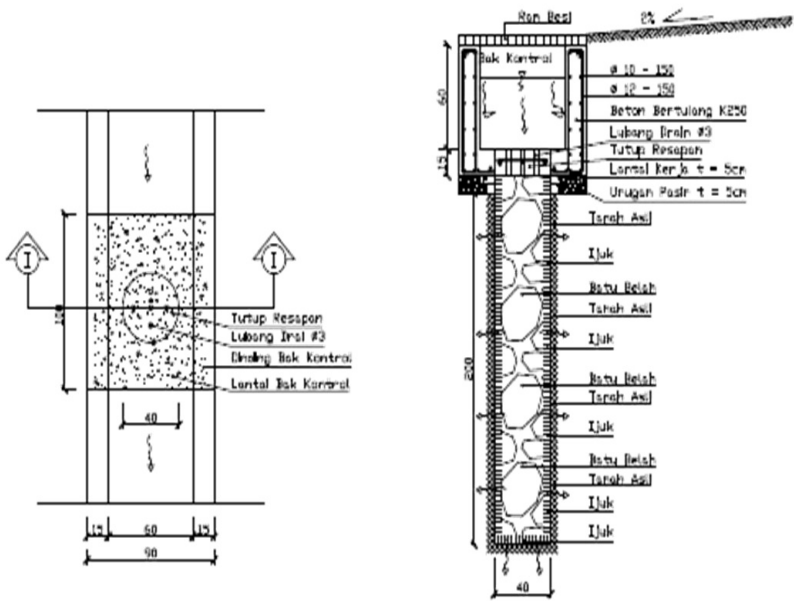
- c. Memiliki semua kandungan tomat seperti rendah sodium, sangat rendah lemak jenuh dan kolesterol
- d. Mengandung Vitamin A, B6, C, E, K, Thiamin, Niacin, Folat, Magnesium, Kalium, Mangan, Fosfor dan Tembaga, dan juga sumber besar dari serat.

E. Inovasi Pelayanan Publik Kampung Telolet Om

Penerapan inovasi kreatif model “Kampung Telolet Om”, selain memberikan manfaat bagi warga sekitarnya, kelestarian dari saluran irigasi baik kualitas air untuk pengairan dan ekosistem didalamnya ikut terjaga mutunya (lumut dan ikan berkembang dengan baik). Dengan demikian menghasilkan inovatif kandungan mineral air yang akan semakin baik yang pada akhirnya berdampak pada produktivitas hasil pertanian.

Sedangkan jenis sayuran terong, lombok, dan tomat yang diterapkan pada model “Kampung Telolet Om”, dipilih inovasi kreatif terkait jenis sayuran yang *varietasnya* mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Seperti Terong Sulawesi, Lombok Gendot, dan Tomat Cherry.

Untuk menjaga tinggi muka air tanah, inovasi kreatif penerapan sumur resapan setiap 10 meter pada pembangunan saluran drainase atau gorong-gorong “Kampung Telolet Om”. Kedepan akan dikembangkan inovatif untuk penerapan biopori, agar semakin banyak tabungan air dalam tanah sebelum dibuang mengalir ke sungai. Berikut gambar desain sumur resapan seperti di bawah ini:



Gambar 6.5 Desain Sumur Resapan



Gambar 6.6 Penampang Atas Sumur Resapan

Pelaksanaan penerapan model “Kampung Telolet Om” menggunakan beberapa macam inovasi kreatif teknologi yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan masyarakat sekitarnya. Macam inovatif teknologi yang digunakan pada model “Kampung Telolet Om” sebagai berikut:

1. Filterisasi
2. *Pond* Buatan
3. Bio Retensi
4. *Wetland*
5. Mini Turbulen Hidrolika
6. Sumur Resapan
7. Biopori

F. Pelaksanaan dan Penerapan

1. Rencana Aksi

Penerapan model “Kampung Telolet Om” di Kota Malang sampai saat ini sudah ada 3 (tiga), yaitu di :

a. Bebekan (Kelapa Sawit)

Kelapa Sawit atau yang lebih dikenal dengan Bebekan sejak 25 tahun ini dikenal banjir, setiap hujan pasti banjir meskipun sudah dibangun saluran drainase tetap belum bisa mengatasi saat hujan, hal ini disebabkan karena masyarakat yang tinggal di sepanjang saluran Kelapa Sawit cenderung membuang sampah, bahkan beberapa rumah tidak tersedia *septic tank*, sehingga langsung membuang tinja di saluran irigasi dan menyebabkan saluran tersebut tersumbat. Di samping itu buangan anak sungai yang menuju saluran irigasi bukaan sungainya membawa sedimen/sampah. Berdasarkan fenomena tersebut, bidang SDAD DPUPR Kota Malang mencoba melakukan inovasi

dengan cara memobilisasikan partisipasi masyarakat melalui kerja bakti masal yang dilakukan pada bulan Januari tahun 2017 dimana Pemerintah Kota Malang dalam hal ini DPUPR bersama ini dengan TRC BPBD, Panwil Bakesbangpol bersama-sama membuang sedimen yang ada di saluran irigasi sepanjang Jl. Kelapa Sawit. Material yang dibuang saat itu sebanyak 9 truk. Agar masyarakat dapat tumbuh partisipasinya dalam menjaga kelestarian saluran irigasi sepanjang Jl. Kelapa Sawit pasca kerja bakti, dibuatlah Inovasi "Program Telolet" yang pertama kali di Kota Malang dimana tanah di sekitar saluran irigasi ditanami Terong, Lombok dan Tomat serta penebaran bibit Lele. Kemudian dievaluasi selama 1 tahun sampai dengan tahun 2018 terjadi penurunan sedimen yang ada di saluran sepanjang jalan tersebut, akan tetapi, masih ada beberapa rumah yang masih kurang kesadarannya dengan masih membuang sampah dan masih belum punya *septic tank*. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, bidang SDAD DPUPR di tahun 2018 melakukan inovasi yang kedua kalinya di tahap I masih dengan cara filtrasi dengan harapan dapat diketahui rumah mana yang membuang sampah/tinja di saluran irigasi, dengan demikian ada sanksi sosial dari masyarakat sekitar.

Agar partisipasi masyarakat dapat tumbuh rasa memiliki pengelolaan Telolet I yang ada di Kelapa Sawit diserahkan melalui Karang Taruna, dengan harapan partisipasi masyarakat akan semakin tinggi dan juga rasa kepemilikan semakin besar, juga nantinya akan mengelola hasil panen di daerah tersebut.

b. Glintung Gg. 1

Penerapan konsep Kampung Glintung Go Green yang salah satu kegiatannya adalah dengan pembuatan sumur resapan pada Glintung Gg. 2 dan Gg. 3 ternyata memberikan dampak terjadinya genangan pada kawasan Glintung Gg. 1. Pada saat turun hujan, saluran drainase yang terletak pada sisi utara (bagian belakang) di Glintung Gg. 1 tidak dapat menampung kapasitas air hujan yang turun, selain karena dimensi saluran yang kecil, saluran drainase tersebut juga menampung buangan/aliran dari Glintung Gg. 2 dan Gg. 3 yang kebanyakan mengalirkan air tanah, sehingga pada kawasan Glintung Gg. 1 sering kali tergenang ketika hujan turun. Berdasarkan fenomena tersebut, DPUPR bersama Karang Taruna dan Rektor Universitas Brawijaya (Prof Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS) mencoba menjalankan Inovasi Telolet II dengan membangun *Pond* Buatan, dimana air hujan yang turun mengalir ke *Pond* buatan terlebih dahulu sebelum dialirkan ke sungai. Pada saluran tersebut juga disebar benih ikan lele, dan dalam upaya pelestarian "Kampung Telolet II" ini ditangani oleh warga setempat dan Karang Taruna yang telah mendapatkan arahan terlebih dahulu dari DPUPR Kota Malang.

c. Pulosari (dalam proses pengerjaan)

Perubahan dimensi saluran irigasi ditengarai menjadi penyebab munculnya genangan yang sering terjadi di daerah Pulosari. Dimensi saluran irigasi pada wilayah tersebut awalnya selebar 2,5 m namun kini mengalami penyempitan menjadi 80 cm, hal ini dikarenakan banyak bangunan liar di sepanjang saluran tersebut. Berdasarkan hal

tersebut, saluran irigasi yang ada tidak mampu menampung kapasitas air hujan sehingga kerap terjadi genangan pada wilayah Pulosari. Mengatasi hal tersebut, pemerintah Kota Malang dalam hal ini DPUPR yang bekerja sama dengan Universitas Merdeka Malang dan RW setempat menggagas inovasi “Kampung Telolet Om III” dengan konsep yang terdiri dari pembuatan Bio Retensi, *Wetland*, dan Mini Turbulen Hidrolika. Pembuatan Bio Retensi sendiri dimaksudkan untuk meresapkan air ke dalam tanah guna mengisi akuifer bebas, sehingga air tersebut dapat dimanfaatkan masyarakat dengan optimal. Sedangkan untuk *Wetland* merupakan area penyerapan dimana tanah pada lahan tersebut bersifat jenuh air, sehingga dapat dijadikan sebagai ekosistem untuk beragam kehidupan tanaman dan hewan, dalam hal ini adalah lele. Pembuatan Mini Turbulen Hidrolika sebagai pembangkit listrik skala kecil digunakan untuk menerangi area taman yang berada di daerah tersebut yang nantinya akan ditanami beragam sayuran sebagai mana dimaksud pada konsep inovasi “Kampung Telolet” yaitu penanaman Terong Sulawesi, Lombok Gendot, dan Tomat Cherry. Hasilnya akan menjadi *outcome* dan keuntungan untuk masyarakat sekitar.

Dengan semakin banyaknya model “Kampung Telolet Om” di Kota Malang, akan mempercepat munculnya tempat pariwisata baru di Kota Malang yang ujung grand desain akhirnya sebagai “Kampung Wisata Konservasi”.

2. Unsur yang Terlibat

Implementasi kebijakan otonomi daerah belum dapat diterapkan dengan maksimal karena keberadaan

daerah otonom baru tidak diiringi dengan kapasitas sumber daya manusia dan finansial yang memadai.

Untuk itu dalam upaya menangani hal tersebut diperlukan inovasi “Kampung Telolet Om” yang melibatkan peran Pemerintah Kota Malang, Masyarakat, dan Dunia Usaha agar dapat bersinergi, sehingga dapat meningkatkan kapasitas sumber daya manusia serta pertumbuhan ekonomi. Adapun unsur-unsur yang terlibat pada masing-masing Kampung Telolet Om antara lain:

<u>Kampung Telolet Om I</u> Bebekan/Kelapa Sawit	Bidang SDA & Drainase DPUPR Kota Malang, Karang Taruna
<u>Kampung Telolet Om II</u> Glintung Gg. I	Bidang SDA & Drainase DPUPR Kota Malang, Dinas Pertanian
<u>Kampung Telolet Om III</u> Pulosari (dalam Proses)	Bidang SDA & Drainase DPUPR Kota Malang, RW setempat, Universitas Merdeka Malang

3. Peran *Stakeholder*

Inovasi “Kampung Telolet Om” melibatkan beberapa peran Pemerintah, Masyarakat, dan Dunia Usaha, sehingga berbagai dampak yang diakibatkan dari inovasi tersebut dapat tertangani sesuai dengan peran para *stakeholders*. Peran masing-masing pemangku kepentingan akan diuraikan sebagai berikut:

a. Pemerintah Kota Malang

Pemerintah Kota Malang memiliki peran dalam memberikan pedoman, pengarahan, serta pembatasan kegiatan masyarakat yang berada di dalamnya berdasarkan aturan dan pedoman teknis yang berlaku. Pemerintah Kota Malang juga memiliki kewenangan berdasarkan tuisi dalam pengawasan pembangunan infrastuktur dalam hal ini pada pembangunan drainase.

b. Masyarakat

Selain sebagai penikmat hasil dari Inovasi “Kampung Telolet Om”, masyarakat juga diharapkan mampu merawat dan memelihara kelestarian dan keberlanjutan dari Inovasi tersebut.

c. Dunia Usaha

Peran Dunia Usaha diharapkan dapat meneruskan Inovasi “Kampung Telolet Om” ini untuk diterapkan di tempat-tempat lain sesuai dengan arahan dan batasan yang telah ditentukan oleh Pemerintah Kota Malang.

4. Uraian Sumber Daya

Dalam upaya mengatasi permasalahan banjir / genangan pemerintah daerah mencari solusi atas permasalahan tersebut dengan melibatkan seluruh *stakeholder* dalam pelaksanaan pembangunan, misalnya pihak swasta, masyarakat, dan lembaga swadaya masyarakat. Keterlibatan berbagai pihak ini memiliki peran penting untuk membantu pemerintah mengingat tidak semua aktivitas pembangunan mampu dikerjakan oleh pemerintah sendiri terutama dalam hal ketersediaan *skill* SDM dan finansial

sehingga perlu keterlibatan pihak swasta (Dunia Usaha). Keterlibatan Karang Taruna dalam pelaksanaan Inovasi “Kampung Telolet Om” tidak lepas dari bimbingan dan arahan dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (DPUPR) Kota Malang, sehingga segala kegiatan yang sehubungan dengan pemeliharaan kawasan tersebut dapat bersinergi dengan pedoman yang berlaku. Adapun untuk anggota Karang Taruna yang terlibat di Kampung Telolet I (Bebekan) sebagai berikut:

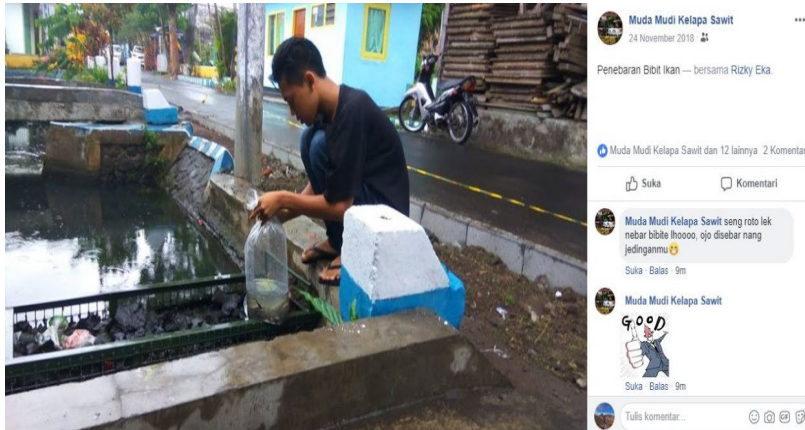
Pelaksanaan Inovasi “Kampung Telolet Om” menggunakan dana dari kegiatan Pemeliharaan Drainase maupun Rehabilitasi Sumber Daya Air yang bersumber dari Dana APBD Kota Malang. Secara teknis, Inovasi “Kampung Telolet Om” direncanakan oleh OPD terkait (DPUPR Kota Malang) dengan melibatkan peran serta Masyarakat dan pelaku Dunia Usaha.

5. Mekanisme Pengelolaan Sumber Daya

Pelaksanaan Inovasi “Kampung Telolet Om” didasari pada usulan/pengaduan dari masyarakat berupa proposal maupun pengaduan melalui media sosial. Selanjutnya adalah mendesain gambar rencana melibatkan pelaku Dunia Usaha dan disetujui oleh Kepala OPD terkait, sehingga dalam pelaksanaannya melibatkan masyarakat untuk dilakukan kerja bakti agar penanggulangan banjir/ genangan air dapat tuntas bermanfaat bagi warga.

Inovasi “Kampung Telolet Om” bekerja sama dengan Karang Taruna setempat dalam upaya penebaran bibit ikan lele serta penanaman terong sulawesi, lombok gendot, dan tomat cherry. Kegiatan tersebut dimonitor oleh Satgas

DPUPR, dan hasil budidaya yang didapatkan kemudian dibagi menjadi dua peruntukan, yaitu untuk kas Karang Taruna dan pengembangan “Kampung Telolet Om”.



Gambar 6.7. Gambar foto kegiatan penebaran ikan lele Kampung Telolet Om Bebekan (Kelapa Sawit)



Gambar 6.8 Papan himbauan untuk melakukan hal-hal yang dapat merusak area konservasi ikan Kampung Telolet Om Bebekan (Kelapa Sawit)

E.6. Output Inovasi

Diharapkan output inovasi memberikan manfaat dan keuntungan bagi masyarakat sekitar, antara lain:

1. Masyarakat ikut menjaga dan mengendalikan kebersihan area Inovasi agar keseimbangan ekosistem terjaga;
2. Peningkatan taraf ekonomi masyarakat karena dapat membuka lapangan pekerjaan untuk menjual hasil panen lele sebagai kelanjutan berwirausaha pada karang taruna setempat;
3. Hasil panen Lombok, terong dan tanaman lainnya selain untuk keindahan juga dapat dinikmati oleh warga;

E.7. Pelaksanaan dan Evaluasi

Pada pelaksanaan evaluasi “Kampung Telolet Om” dapat diilustrasikan melalui gambar berikut:

1. Telolet Om 1 sistem Filterisasi Jl. Kelapa Sawit
 - Kondisi Awal



Gambar 6.9

- Pasca Kerja bakti



Gambar 6.10

- Sistem Filtrasi



Gambar 6.11

2. Telolet Om 2 sistem *Pond* buatan Jl. Glintung Gg. I

- Kondisi Awal



Gambar 6.12

- Dukungan Masyarakat



Gambar 6.13

- Sistem *Pond* Buatan



Gambar 6.14

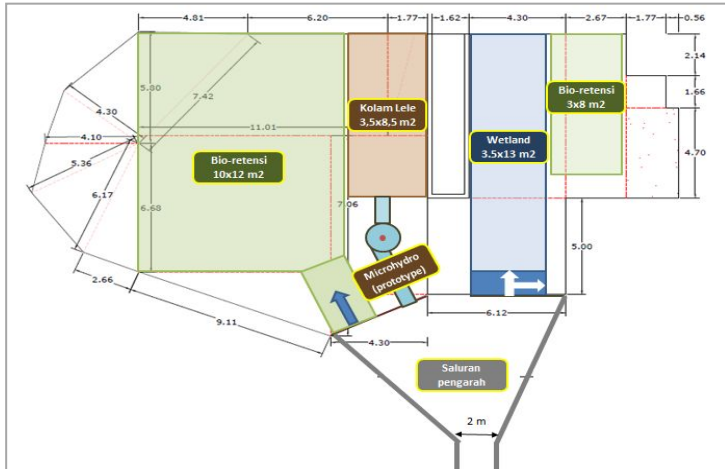
3. Telolet Om 3 sistem Bio retensi, *Wetland*, & Mini turbulen hidrolika Jl. Pulosari

- Kondisi Awal



Gambar 6.15.

- Rencana Penerapan Model



Gambar 6.16

- Penerapan Model



Gambar 6.17

E.8. Kendala dalam Pelaksanaan

Pelaksanaan Inovasi "Kampung Telolet Om" diterapkan pada saluran drainase dan saluran irigasi. Kendala pada pelaksanaan inovasi tersebut terletak pada saluran irigasi dimana pada prinsipnya saluran irigasi adalah untuk distribusi air ke sawah sehingga hanya dilaksanakan pada jam-jam tertentu, dan biasanya saluran pembawa pada irigasi mengangkut material dan mengakibatkan sedimentasi sehingga air meluap ke jalan raya terlebih ke rumah warga. Pada segi sosial masyarakat terjadi penolakan pelaksanaan Inovasi dari beberapa warga, karena mereka merasa aktivitas mereka akan terganggu. Begitu pula pada pelaksanaan Kampung Telolet III terdapat beberapa bangunan milik warga yang berdiri di atas sungai yang harus dibongkar, sehingga memicu emosi warga yang memiliki bangunan-bangunan tersebut yang kemudian menyebabkan keterlambatan dalam proses pelaksanaan.

E.9. Dampak Sebelum dan Sesudah Inovasi

Dampak Inovasi

Faktor penyebab banjir dapat disebabkan secara alami dan juga dikarenakan oleh perubahan alam. Penyebab banjir pada daerah perkotaan didominasi oleh kegiatan manusia yang menyebabkan terjadinya perubahan tata guna lahan sehingga berdampak pada perubahan alam. Degradasi lingkungan seperti hilangnya tumbuhan penutup tanah pada *catchment area*, pendangkalan sungai akibat sedimentasi, penyempitan alur sungai dan sebagainya juga dapat disebabkan akibat tindakan manusia. Selain itu, pola masyarakat akan kebersihan lingkungan juga menjadi salah

satu penyebab terjadinya genangan dan banjir di beberapa wilayah, seperti kesadaran masyarakat akan tersedianya *septic tank* serta kesadaran masyarakat akan pentingnya kebersihan saluran-saluran drainase dari sampah/limbah rumah tangga.

Pada Inovasi “Kampung Telolet I” upaya pemeliharaan kawasan kampung telolet dilakukan oleh Karang Taruna setempat yang kegiatannya didokumentasikan dan dipublikasikan pada akun media sosial (*facebook*) seperti kegiatan penebaran bibit ikan lele.



Gambar 6.18 Akun *facebook* Karang Taruna Kampung Telolet Om Bebekan



Gambar 6.19 Foto kegiatan penebaran ikan lele Kampung Telolet Om Bebekan



Gambar 6.20 Foto kegiatan penebaran ikan lele Kampung Telolet Om Bebekan



Gambar 6.21 Papan himbauan untuk melakukan hal-hal yang dapat merusak area konservasi ikan Kampung Telolet Om Bebekan

Program “Kampung Telolet Om” dapat memberikan manfaat dan keuntungan bagi masyarakat sekitar, karena masyarakat ikut menjaga dan mengendalikan kebersihan agar tidak terjadi lagi genangan atau banjir serta keseimbangan ekosistem terjaga. Tidak hanya itu hasil panen Lombok, lele, terong dan tanaman lainnya selain untuk keindahan juga dapat dinikmati oleh warga. Selain itu pelaksanaan penerapan Inovasi tersebut menggunakan beberapa macam inovasi teknologi sebagai berikut:

1. Filterisasi
2. *Pond* Buatan
3. Bio Retensi
4. *Wetland*
5. Mini Turbulen Hidrolika
6. Sumur Resapan

7. Biopori

Matriks Sebelum dan Sesudah Inovasi

Matriks Sebelum dilakukan Inovasi

Matriks Sebelum Inovasi	Kampung Telolet I	Kampung Telolet II	Kampung Telolet III
Genangan	Terjadi Genangan	Terjadi Genangan	Terjadi Genangan
Lingkungan	Kumuh	Bersih	Kumuh
Sosial Masyarakat	Belum tergerak untuk berinovasi	Belum tergerak untuk berinovasi	Belum tergerak untuk berinovasi
Perekonomian Masyarakat	Belum ada tambahan pendapatan lain	Belum ada tambahan pendapatan lain	Belum ada tambahan pendapatan lain

Matriks Sesudah dilakukan Inovasi

Matriks Sesudah Inovasi	Kampung Telolet I	Kampung Telolet II	Kampung Telolet III
Genangan	Tidak terjadi Genangan	Tidak terjadi genangan	Genangan Berkurang
Lingkungan	Bersih	Bersih	Bersih
Sosial Masyarakat	tergerak untuk berinovasi	tergerak untuk berinovasi	tergerak untuk berinovasi
Perekonomian Masyarakat	ada tambahan pendapatan lain	ada tambahan pendapatan lain	ada tambahan pendapat-an lain

Program **“Kampung Telolet Om”** dapat memberikan manfaat dan keuntungan bagi masyarakat sekitar, karena masyarakat ikut menjaga dan mengendalikan kebersihan agar tidak terjadi lagi genangan atau banjir serta keseimbangan ekosistem terjaga. Tidak hanya itu hasil panen Lombok, lele, terong dan tanaman lainnya selain untuk keindahan juga dapat dinikmati oleh warga, sedangkan dalam penanganan yang dilakukan pada tiap Inovasi **“Kampung Telolet Om”** dijelaskan seperti di bawah ini:

1. Bebekan (Kelapa Sawit)

Penanganan Tahap II dilakukan dengan cara filtrasi yang diharapkan dapat diketahui rumah mana yang

membuang sampah/tinja di saluran irigasi, dengan demikian ada sanksi sosial dari masyarakat sekitar. Agar partisipasi masyarakat dapat tumbuh rasa memiliki pengelolaan Telolet I yang ada di Kelapa Sawit diserahkan melalui Karang Taruna, dengan harapan partisipasi masyarakat akan semakin tinggi dan juga rasa kepemilikan semakin besar, juga nantinya akan mengelola hasil panen di daerah tersebut

2. Glintung Gg. 1

Inovasi yang dilakukan pada "Kampung Telolet II" Glintung Gg. 1 yaitu dengan membangun *Pond* Buatan, dimana air hujan yang turun mengalir ke *Pond* buatan terlebih dahulu sebelum dialirkan ke sungai. Pada saluran tersebut juga disebar benih ikan lele yang dapat memerikan *outcome* dan *benefit* untuk masyarakat sekitar, dan dalam upaya pelestarian "Kampung Telolet II" ini ditangani oleh warga setempat dan Karang Taruna yang telah mendapatkan arahan terlebih dahulu dari DPUPR Kota Malang.

3. Pulosari

Konsep "Kampung Telolet Om III" ini terdiri dari pembuatan Bio Retensi, *Wetland*, dan Mini Turbulen Hidrolika. Inovasi "Kampung Telolet Om III" ini digagas oleh DPUPR bersama dengan Universitas Merdeka Malang dan RW setempat. Pembuatan Bio Retensi sendiri dimaksudkan sebagai teknologi yang menggabungkan unsur tanaman dan air di suatu bentang lahan untuk meresapkan air ke dalam tanah guna mengisi akuifer bebas, sehingga air tersebut dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin untuk kepentingan masyarakat. Sedangkan untuk *Wetland* (Lahan Basah) merupakan area penyerapan dimana tanah pada lahan tersebut bersifat jenuh air, sehingga dapat dijadikan

sebagai ekosistem untuk beragam kehidupan tanaman dan hewan, dalam hal ini adalah lele. Selanjutnya untuk pembuatan Mini Turbulen Hidrolika adalah sebagai suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak dalam hal ini yaitu air yang mengalir pada saluran irigasi. Secara teknis, Mini Turbulen Hidrolika memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator. Listrik yang dihasilkan dari Mini Turbulen Hidrolika tersebut akan digunakan untuk menerangi area taman yang berada di daerah Pulosari tersebut. Pada area taman tersebut juga nantinya akan ditanami beragam sayuran sebagai mana dimaksud pada konsep inovasi "Kampung Telolet" yaitu penanaman Terong Sulawesi, Lombok Gendot, dan Tomat Cherry. Hasil dari penanaman dan penebaran benih ikan lele tersebut nantinya akan menjadi *outcome* dan juga memberikan keuntungan untuk masyarakat sekitar. Dalam upaya pemeliharannya akan dilaksanakan oleh Karang Taruna bersama dengan warga setempat sesuai dengan arahan yang telah diberikan oleh DPUPR maupun Universitas Merdeka Malang.

E.10. Keselarasan Inovasi dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan

Inovasi "Kampung Telolet Om (Terong, Lombok, Lele dan Tomat)" bertujuan menjaga konservasi lahan saluran drainase/irigasi agar dapat memberikan manfaat bagi sosial masyarakat sekitarnya. Inovasi Model ini tidak hanya memberikan *outcome* tetapi juga *benefit* bagi masyarakat sesuai anjuran Bapak Presiden RI.

Benefit tersebut dimaksudkan dapat membuka peluang lapangan pekerjaan bagi masyarakat sekitar dan memberikan nilai ekonomis dengan memanfaatkan area sekitar saluran yang hasil panen terong, Lombok, lele, dan tomat bisa dirasakan oleh masyarakat sekitarnya. Sehingga dalam pelaksanaannya melibatkan masyarakat sekitar agar masyarakat dapat langsung merasakan hasil dari “Kampung Telolet Om”, selain itu pelaksanaan penerapan Inovasi tersebut menggunakan beberapa macam inovasi teknologi berkelanjutan (*sustainable*) sebagai berikut:

1. Filterisasi
2. *Pond* Buatan
3. Bio Retensi
4. *Wetland*
5. Mini Turbulen Hidrolika
6. Sumur Resapan
7. Biopori

Pada Tujuan 3 berisi tentang tujuan Menggalakkan hidup sehat dan mendukung kesejahteraan untuk semua usia. Pada poin ini dapat dilihat dari salah satu kegiatan dilaksanakannya Inovasi “Kampung Telolet Om” Bebekan, dengan dijalankannya metode filtrasi, dapat diketahui rumah mana yang tidak terdapat *septic tank*, sehingga Inovasi tersebut dapat membawa pengaruh untuk mendorong masyarakat agar membangun *septic tank* sehingga tinja/kotoran manusia tidak mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan.

Berdasarkan Tujuan 9 berisi tentang tujuan Membangun infrastruktur kuat, mempromosikan industrialisasi berkelanjutan dan mendorong inovasi. Pada

point tersebut, dapat dilihat kesesuaian dengan tujuan dari Inovasi Model Penanggulangan Banjir ini yang hadir dengan tetap menjaga konservasi lahan saluran drainase/irigasi agar memberikan manfaat bagi sosial masyarakat sekitarnya. Pembangunan infrastruktur yang kuat (pembangunan jaringan fisik berupa saluran drainase/irigasi) dinilai sangat dapat membantu segala aktivitas masyarakat. Dengan infrastruktur yang kuat maka akan meminimalisir terjadinya bencana alam seperti banjir, maupun munculnya genangan yang disebabkan dengan intensitas dan curah hujan yang tinggi.

E.11. Rekomendasi di Masa Depan

Inovasi "**Kampung Telolet Om (Terong, Lombok, Lele dan Tomat)**" merupakan salah satu prasarana bagi lingkungan masyarakat karena fungsinya untuk mengalirkan air di permukaan yang bersumber dari air hujan secepatnya menuju badan air penerima dan kemudian diolah untuk mencapai manfaat bagi masyarakat sekitar. Konsep Inovasi "**Kampung Telolet Om (Terong, Lombok, Lele dan Tomat)**" termasuk dalam konsep Ekodrainase yaitu penanganan sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan, memperhatikan kondisi serta daya dukung lingkungan yang memiliki prinsip meresapkan air sebanyak-banyaknya ke dalam tanah dan ekosistem tetap terjaga.

Semua sumber peluang inovatif harus dianalisis secara sistematis. Keharusan untuk bertindak efektif merupakan syarat dalam pengembangan suatu inovasi yang sederhana sehingga masyarakat mampu melanjutkan dan

menambah inovasi-inovasi yang lain dengan prinsip yang sama dan lebih menguntungkan.

Diharapkan pada Inovasi "Kampung Telolet Om (Terong, Lombok, Lele dan Tomat)" berkelanjutan dapat diteruskan oleh masyarakat untuk berinovasi misalnya dengan ditambah pengolahan sampah organik yang bisa menjadi pupuk kompos, sehingga variasi tanaman yang diinginkan oleh masyarakat lebih banyak dan sampah organik tidak menjadi sedimen pada dasar saluran.

Paradigma "Kampung Telolet Om (Terong, Lombok, Lele dan Tomat)" akan menjadikan khas masyarakat Kota Malang dalam menjaga lingkungan sekitar, dan diharapkan akan menjadi Kota percontohan di Indonesia yaitu sebagai Inovasi masyarakat perkotaan berwawasan lingkungan.

E.12. Dukungan Keberlanjutan Inovasi

Inovasi "**Kampung Telolet Om (Terong, Lombok, Lele dan Tomat)**" tentunya didasari oleh kejadian – kejadian permasalahan lingkungan yang meresahkan warga sekitar sebelumnya. Sehingga perlu dukungan dari pemerintah, dunia usaha dan masyarakat sekitar agar tercipta stimulasi atau dorongan terhadap sebuah inovasi baru.

Keberlanjutan Inovasi membutuhkan dukungan pemerintah dan peran aktif masyarakat dalam mengelola hasil inovasi yang ada. Tugas pemerintah terkait Inovasi "**Kampung Telolet Om (Terong, Lombok, Lele dan Tomat)**" adalah membuat dan melakukan pemeliharaan, seperti misalnya mengeruk sampah yang tersangkut pada jaring secara rutin dan normalisasi saluran air, khususnya dijalan-jalan utama, mutlak dilakukan. Sementara bagi

masyarakat, kesadaran akan pentingnya hidup bersih, menjaga ekosistem pada hasil inovasi, seperti tidak membuang sampah di saluran, akan sangat banyak membantu. Jika kedua belah pihak saling memainkan peranannya masing-masing dengan benar, genangan akan dapat dihindari.

Sedangkan peran dunia usaha dalam dukungan terhadap inovasi tersebut adalah menganalisa peran pemerintah dan dukungan masyarakat agar tercipta kesinambungan antara tujuan pemerintah Kota Malang dengan masyarakat. Salah satu contoh Dukungan dari dunia usaha dalam pelaksanaannya yaitu memfasilitasi dengan perencanaan dari sebuah inovasi yang berkelanjutan misalnya: lokasi penerapan inovasi berkelanjutan harus memperhatikan segi hidrologik dan tata letak dalam kaitannya dengan prasarana lainnya (jalan, dan utilitas kota) sehingga mengurangi berbagai dampak dalam pelaksanaannya.

G. Banjir Kota Malang dan Solusinya (dalam Gambar)

Berikut ini disajikan foto dokumentasi kejadian banjir dan genangan di Kota Malang, khususnya di jalan-jalan utama dan jalan perumahan. Foto juga dilengkapi dengan penjelasan tentang kondisi penyebab banjir serta alternatif solusi yang dapat dilakukan oleh pemerintah bekerjasama dengan masyarakat.



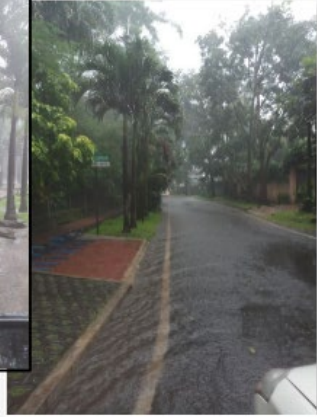
Jl. Bandung (depan Madrasah Terpadu)

Di kanan kiri jalan ada berm dan tidak ada drain hole. Tidak ada ruang untuk menahan air sehingga air melimpas di permukaan jalan.



Hutan Kota Malabar di Perempatan Jl. Guntur dan Jl. Merbabu

Sekitar Hutan Kota Malabar



Taman lebih rendah dari jalan

Hutan Kota Malabar

Permukaan taman lebih tinggi dari jalan



**Persimpangan jalan di depan
Gereja Ijen dan Jl. Pahlawan Trip**



**Ijen Boulevard di pertemuan dengan
Jl. Semeru**
Air hujan dari taman melimpas ke jalan



Ijen Boulevard di pertemuan dengan Jl. Wilis
Air hujan dari jalan melimpas ke taman.
Taman berfungsi untuk menahan air hujan



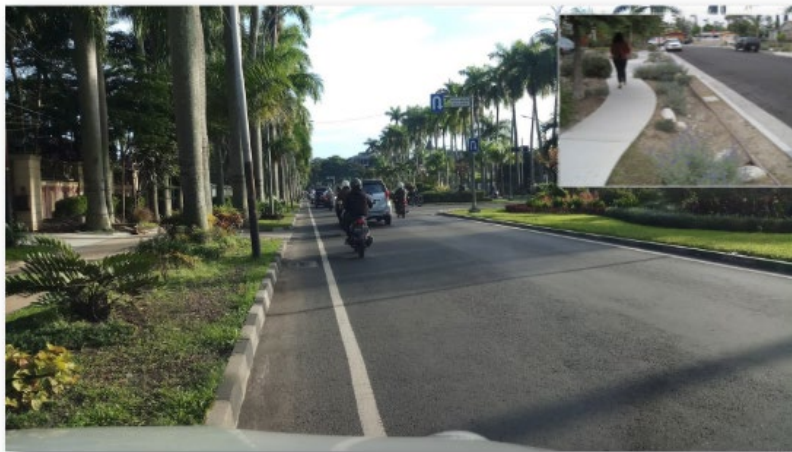
Pertigaan di Perumahan Taman Sulfat sebelah Timur
Lokasi ini menerima limpasan dari depan (barat) dan samping kanan (utara).
Air dari selokan keluar ke jalan, menyebabkan limpasan semakin besar.



Jl. Jakarta

Taman jalan di kanan dapat dioptimalkan untuk menahan air hujan dengan sedikit modifikasi dibuat lebih rendah dari permukaan jalan.

Lahan terbuka bagian kiri dapat dimodifikasi menjadi bio-swale dan jogging track.



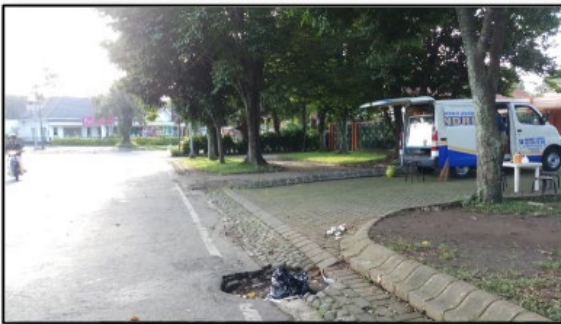
Boulevard Ijen

Taman jalan di kanan dan kiri dapat dioptimalkan untuk menahan air hujan dengan sedikit modifikasi dibuat lebih rendah dari permukaan jalan.



Jl. Ijen Bagian Utara (arah ke Jl. Bandung)

Sangat berpotensi terjadi genangan karena adanya berm yang cukup tinggi di kanan dan kiri jalan, penambahan limpasan dari rumah-rumah di sekitarnya, drain hole relatif lebih sedikit dibandingkan pada bagian boulevard.



Simpang Balapan

Lahan terbuka ini dapat dimanfaatkan untuk menahan limpasan air hujan, agar tidak mengalir ke daerah lain, dengan cara memotong berm agar air mengalir ke lahan tersebut.





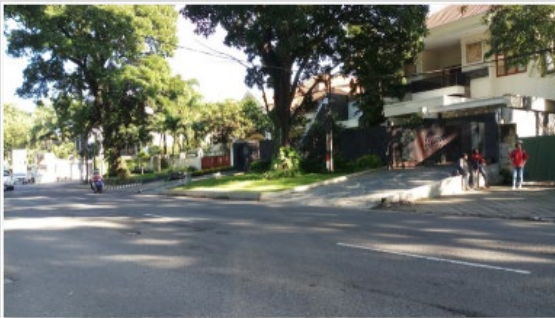
Ijen Boulevard

Setiap jarak 20-50 m ada drain hole yang dipelihara dengan baik (sumbatan relatif kecil)

Taman jalan kurang dapat berfungsi sebagai bio-retensi karena adanya berm.

Namun pada bagian taman di depan museum permukaan jalan rata dengan berm sehingga pada saat hujan deras air bisa mengalir ke taman.

Kondisi ini bagus untuk mengurangi limpasan di jalan.



Jl. Pahlawan Trip

Kondisi seperti gambar atas sangat berpotensi meningkatkan limpasan.

Perlu ada modifikasi sehingga ruang terbuka difungsikan untuk menahan air hujan.

Juga pada bahu jalan seperti gambar bawah.









Foto diambil pada tanggal 12 Februari 2018

Deskripsi Foto:

Genangan yang terjadi di sisi utara (foto kiri) dan arah limpasan hujan di sisi selatan (foto tengah dan kanan).



IWS – Ijen Water Street



GWS – Glintung Water Street



Deskripsi foto halaman sebelumnya:

Sistem ketahanan banjir masyarakat yang menggabungkan tindakan struktural (saluran drainase) dan non-struktural (manajemen risiko banjir), berhasil menurunkan ketinggian banjir hingga 30% [29].

Sinergi bersama antara pemerintah dan masyarakat, termasuk akademisi dan dunia usaha akan menghasilkan masyarakat tangguh berkelanjutan.



Bab 6

Teknologi Adaptasi Perubahan Iklim Untuk Meningkatkan Ketahanan Sektor Air

A. Pendahuluan

Sumber Daya Air

Air sangat penting bagi keberlangsungan fungsi ekosistem dan kegiatan sosial ekonomi manusia. Sebagai sumber daya, air dibutuhkan untuk produksi pertanian dan pangan, pembangkit energi, penggunaan domestik dan produksi industri. Masyarakat miskin sangat rentan terhadap ketersediaan sumber daya air. Dampak perubahan iklim seperti banjir dan kekeringan sangat mempengaruhi kehidupan mereka karena mereka sering mengandalkan alam untuk mata pencaharian mereka.

Keberlangsungan ekosistem perairan di banyak bagian dunia dipengaruhi secara signifikan oleh aktivitas manusia, seperti penggundulan hutan, konversi lahan dan polusi pertanian dan industri telah mengganggu penyediaan layanan air. Ketersediaan air bersih yang memadai untuk memenuhi kebutuhan manusia dan makhluk hidup lainnya yang berkelanjutan terancam oleh perubahan iklim.

Beberapa penelitian telah mengkonfirmasi dampak perubahan iklim terhadap siklus air global. Beberapa hasil model memprediksi variabilitas yang meningkat antara daerah basah dan kering, serta musim hujan dan kemarau. Meskipun ada perbedaan regional dan ketidakpastian yang melekat pada skenario yang dimodelkan, tren skala besar berdasarkan skenario emisi masa depan telah diidentifikasi, termasuk

peningkatan curah hujan rata-rata tahunan di lintang khatulistiwa dan Samudra Pasifik. Frekuensi dan intensitas kejadian curah hujan ekstrim di wilayah tropis basah juga diperkirakan akan meningkat.

Di sisi lain, penurunan curah hujan diperkirakan terjadi di sebagian besar daerah subtropis kering. Hasil prediksi model menunjukkan penurunan yang signifikan pada sumber daya air permukaan dan air tanah.

Frekuensi dan tingkat bahaya kejadian banjir diproyeksikan meningkat secara global, dan terutama di beberapa bagian Asia Selatan, Tenggara, dan Timur Laut, Afrika tropis, dan Amerika Selatan. Skenario yang dimodelkan juga menunjukkan bahwa frekuensi kekeringan meteorologis (curah hujan lebih sedikit) dan kekeringan pertanian (kelembaban tanah lebih sedikit) akan meningkat di daerah kering. Secara keseluruhan, model perubahan iklim memprediksi bahwa pada akhir abad ini, jumlah orang yang terdampak banjir dan kekeringan akan secara signifikan meningkat, menempatkan kehidupan dan aset ekonomi dalam risiko. Saat ini, peristiwa-peristiwa tersebut sudah banyak terjadi.

Daerah pesisir (khususnya komunitas dataran rendah) sudah menghadapi ancaman kenaikan permukaan laut sebagai akibat dari ekspansi termal laut dan hilangnya massa gletser dalam iklim yang memanas. Dampak langsung termasuk perendaman, banjir pantai dan erosi pantai, dengan risiko tambahan yang mungkin timbul dari perubahan pola dan gelombang badai terkait.

Dampak perubahan iklim terhadap air sangat relevan, tetapi juga perlu dicermati dalam konteks pertumbuhan populasi global. Misalnya, dengan penurunan ketersediaan air sedang dan bahkan minimal, akan memberikan dampak lebih

besar di daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi dan pertumbuhan penduduk yang cepat, yang menyebabkan degradasi sumber daya air di sejumlah sektor.

Tantangan lintas sektoral: peristiwa cuaca ekstrem

Tantangan lintas sektoral yang relevan dengan semua sektor air adalah meningkatnya risiko dari peristiwa ekstrem, seperti banjir dan kekeringan. Banjir dalam konteks ini termasuk banjir sungai dan banjir bandang akibat luapan sungai, juga banjir luapan danau glasial, serta banjir perkotaan yang disebabkan oleh hujan deras dan curah hujan yang intens dan tahan lama di daerah dengan kapasitas infiltrasi terbatas. Saat ini bencana hidrologi memakan korban jiwa dan kerugian ekonomi terbesar dibandingkan dengan jenis bencana lainnya. Dari tahun 2004 – 2013 rata-rata jumlah korban bencana hidrologi di seluruh dunia adalah lebih dari 90 juta per tahun, dengan kerusakan ekonomi tahunan lebih dari 30 miliar USD. Khususnya, angka-angka ini hanya memperhitungkan banjir dan pergerakan massa yang berasal dari hidrologi, dan tidak termasuk kerusakan yang diakibatkan oleh kekeringan (meteorologi), yang skalanya hanya sedikit lebih kecil.

Faktor terkait iklim, termasuk kenaikan permukaan laut, semakin meningkatkan keterpaparan secara global terhadap rangkaian dampak ini. Contoh penting adalah kota-kota besar pesisir, di mana risiko banjir perkotaan akibat curah hujan yang tinggi digabungkan dengan risiko gelombang badai yang terkait dengan kenaikan permukaan laut. Investasi infrastruktur yang membantu meningkatkan kapasitas untuk mengurangi risiko ini adalah kunci untuk mengurangi hilangnya nyawa manusia dan kerusakan ekonomi.

Peran Teknologi Adaptasi Perubahan Iklim

Perubahan iklim mempengaruhi siklus hidrologi pada semua skala. Memperkuat kemampuan untuk beradaptasi dengan perubahan ini adalah inti dari pembangunan berkelanjutan dan kelangsungan hidup masyarakat di seluruh dunia.

Urgensi mengatasi tantangan air global yang semakin meningkat juga diakui oleh komunitas bisnis. Laporan Risiko Global edisi Forum Ekonomi Dunia 2015 mengidentifikasi risiko terkait krisis air sebagai risiko global nomor satu dalam hal dampak. Solusi adaptasi yang tepat memainkan peran kunci dalam membangun ketahanan untuk mengelola risiko ini bagi semua pemangku kepentingan.

Technology Needs Assessments (TNAs) untuk Perubahan Iklim, yang dilakukan dalam kerangka UNFCCC dan Mekanisme Teknologinya, dan dipandu oleh Technology Executive Committee (TEC), telah dilakukan di lebih dari 85 negara berkembang hingga saat ini. Lebih dari 75% negara yang telah menyelesaikan TNA mereka telah mengidentifikasi sektor air sebagai sektor prioritas yang membutuhkan intervensi adaptasi, hanya dilampaui oleh kebutuhan adaptasi di bidang pertanian – sebuah sektor yang sangat bergantung pada penyediaan air yang berkelanjutan. Para pihak UNFCCC juga mengidentifikasi air sebagai area prioritas aksi, dengan 119 Pihak mengindikasikan air sebagai prioritas aksi adaptasi dalam komponen adaptasi dari kontribusi yang ditentukan secara nasional (INDC). Untungnya, ada sejumlah cara di mana infrastruktur dan teknologi yang tepat dapat membantu mengurangi risiko dan kerentanan terkait iklim di sektor air. Panduan ini berfokus pada peluang adaptasi terhadap bahaya yang disebabkan oleh perubahan iklim dan membangun

ketahanan dengan mengidentifikasi teknologi adaptasi air yang relevan dengan tantangan pengelolaan air yang diuraikan di bagian sebelumnya.

Dalam istilah yang lebih luas, teknologi adaptasi dapat diklasifikasikan sebagai:

- a) Perangkat keras – mengacu pada teknologi 'keras', yaitu infrastruktur fisik dan peralatan teknis di lapangan;
- b) Perangkat lunak – mengacu pada 'teknologi lunak', yaitu pendekatan, proses dan metodologi, termasuk perencanaan dan sistem pendukung keputusan, model, transfer pengetahuan dan membangun keterampilan yang diperlukan untuk adaptasi;
- c) *Orgware* – teknologi organisasi, yaitu pengaturan organisasi, kepemilikan dan kelembagaan yang diperlukan untuk keberhasilan implementasi dan keberlanjutan solusi adaptasi.

Dalam konteks panduan ini, teknologi adaptasi akan mencakup implementasi perangkat dan peralatan teknologi, serta pendekatan dan strategi pengelolaan yang relevan dengan adaptasi perubahan iklim. Dengan demikian, fokusnya adalah pada *keras* dan perangkat-perangkat lunak teknologi. *Orgware* secara singkat dibahas melalui dimensi Manajemen Sumber Daya Air Terpadu yang sangat penting untuk pemilihan dan implementasi teknologi air. Namun, tidak ada teknologi lebih lanjut untuk *orgware* yang disertakan dalam panduan ini. Pendekatan tata kelola dan organisasi seringkali memerlukan model individu yang dirancang agar sesuai dengan pengaturan sosial ekonomi dan tata kelola yang sangat spesifik di setiap negara, kotamadya, atau komunitas. Selain itu, ada sejumlah perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada

teknologi adaptasi yang memerlukan tingkat kesiapan kelembagaan dan kerangka tata kelola tertentu, agar dapat digunakan secara efisien. Oleh karena itu, kebutuhan akan *orgware* seringkali harus ditangani secara bersamaan dengan penerapan teknologi tersebut (misalnya, dalam penerapan pendekatan adaptasi berbasis ekosistem).

Tujuan menyeluruh dari panduan ini adalah untuk membantu praktisi dan pengambil keputusan yang bekerja di bidang sumber daya air atau sektor lain yang mengandalkan penyediaan layanan ekosistem air yang berkelanjutan dan dapat diprediksi untuk merencanakan dan menerapkan strategi adaptasi perubahan iklim. Ini memberikan gambaran komprehensif tentang teknologi adaptasi air spesifik yang mengatasi tantangan sumber daya air akibat perubahan iklim. Ini diatur dalam taksonomi teknologi adaptasi air yang dikelompokkan ke dalam enam kategori tantangan adaptasi yang lebih luas dan respons teknologi adaptasi spesifik di masing-masing kategori.

B. Perlunya Pendekatan Terpadu Dalam Perencanaan Adaptasi Air

Bagian ini memberikan gambaran umum tentang teknologi adaptasi air yang membantu untuk:

- a) Mengidentifikasi dan memahami masalah air terkait perubahan iklim tertentu dan luasnya;
- b) Menganalisis dan memetakan kerentanan iklim spesifik terkait air dan risiko terkait terhadap masyarakat dan ekosistem;

- c) Mengevaluasi respon adaptasi potensial dan teknologi yang relevan;
- d) Menerapkan tindakan dan teknologi khusus; untuk mengurangi masalah yang dihadapi;
- e) Menetapkan kerangka kerja manajemen terpadu yang lebih luas yang membantu merencanakan, dan memanfaatkan, semua peluang teknologi untuk adaptasi dengan cara yang terkoordinasi.

Rencana atau program respon adaptasi yang terintegrasi dan komprehensif harus berusaha untuk mempertimbangkan semua aspek di atas dan interaksi timbal baliknya dalam proses pemilihan dan implementasi teknologi adaptasi.

Kompleksitas yang melekat dari interaksi tanah-air-energi menciptakan kebutuhan untuk pendekatan terpadu untuk adaptasi di sektor air. Diakui secara luas bahwa pendekatan terpadu untuk pengelolaan dan pengembangan sumber daya diperlukan, dan mewakili praktik terbaik dalam upaya pembangunan berkelanjutan. Namun, pendekatan tersebut juga menimbulkan tingkat kerumitan baru yang harus ditangani oleh pengelola air, serta praktisi dari sektor terkait. Hal ini membutuhkan pemahaman yang lebih baik tentang saling ketergantungan air dengan sektor lain – mulai dari interaksi fisik aliran air di berbagai sektor hingga kebijakan dan manajemen untuk menciptakan kerangka kerja bagi tata kelola dan pengelolaan sumber daya yang terintegrasi.

Integrated Water Resources Management (IWRM) adalah pendekatan pengelolaan sumber daya air yang mempromosikan pembangunan dan pengelolaan air, tanah dan sumber daya terkait secara terpadu (untuk memaksimalkan manfaat ekonomi dan sosial), cara yang adil, dan tanpa

mengorbankan kesehatan. ekosistem. Dengan demikian pendekatan IWRM merupakan alternatif dari paradigma pengelolaan sektor per sektor tradisional, di mana penggunaan yang tidak terkoordinasi dapat menyebabkan penipisan sumber daya dan polusi yang cepat.

Aspek utama dari IWRM adalah distribusi manfaat yang adil dan keterlibatan pemangku kepentingan dalam proses perencanaan dan pengelolaan. Dalam konteks adaptasi perubahan iklim, aspek-aspek ini sangat penting, karena dampak perubahan iklim seringkali paling dirasakan oleh masyarakat miskin dan rentan. Jenis pendekatan yang dipromosikan IWRM – termasuk alokasi air yang fleksibel antara berbagai penggunaan, partisipasi pemangku kepentingan, berbagi informasi dan perencanaan tingkat DAS – pada intinya terdiri dari tanggapan adaptasi yang relevan di banyak masyarakat (misalnya menerapkan langkah-langkah alokasi air untuk mengatasi perubahan pola curah hujan). Yang penting, dalam konteks perubahan iklim dan pergeseran ketersediaan air, pendekatan terpadu untuk penggunaan dan pengembangan sumber daya air membantu membangun ketahanan, termasuk kesiapsiagaan yang lebih baik untuk kejadian ekstrem seperti banjir dan kekeringan.

Oleh karena itu, pemilihan dan penerapan teknologi adaptasi air tertentu paling baik dilakukan dalam kerangka perencanaan dan pengelolaan yang terintegrasi. Memahami hubungan, serta implikasinya, dari intervensi semacam itu pada sektor pengguna terkait dapat membantu tidak hanya menciptakan peluang yang lebih baik untuk memaksimalkan efisiensi biaya melalui investasi adaptasi tunggal atau multiguna, tetapi juga menghindari konsekuensi yang tidak diinginkan.

Dalam praktiknya, implementasi IWRM merupakan tantangan, dan lebih sering diterjemahkan sebagai proses perbaikan yang berkelanjutan, bukan sebuah akhir. Perencanaan terpadu membutuhkan dialog dengan banyak pemangku kepentingan, serta kesepakatan tentang prioritas strategis bersama. Agar berhasil, tata kelola, manajemen, dan perangkat teknologi yang tepat sangat penting. Misalnya, data yang relevan untuk mengukur sumber daya air, seperti pasokan dan permintaan air, sering kali terfragmentasi, dan jika tersedia, dipegang oleh berbagai pemangku kepentingan, mulai dari kementerian lingkungan hingga otoritas energi dan pelaku swasta. Kurangnya gambaran umum yang sistematis tentang interaksi sektoral atau penggunaan air di unit hidrologi (atau negara) tertentu dapat mencegah penilaian yang berarti dari intervensi adaptasi yang paling tepat dan efisien. Misalnya, peningkatan efisiensi air industri tidak akan memberikan hasil yang diharapkan dalam ketersediaan air di daerah aliran sungai jika tidak ada langkah yang diambil untuk mengatasi efisiensi air pertanian di bawah standar. Demikian pula, berinvestasi di lahan basah hilir untuk pengolahan air akan kurang efisien untuk kesehatan daerah aliran sungai jika tidak ada tindakan yang dilakukan untuk melindungi sumber air dari polusi.

Sistem Pendukung Keputusan (*Decision Support System*, disingkat DSS) adalah salah satu contoh alat yang dapat membantu menciptakan platform pengetahuan umum untuk berbagai pengguna. DSS biasanya sistem informasi berbasis komputer yang membantu menggabungkan data, berbagai variabel sosial ekonomi yang relevan, skenario (perubahan iklim dan pembangunan sosial ekonomi) dan alat pendukung keputusan. Biasanya sistem pendukung keputusan sumber daya air akan mengintegrasikan modul sistem informasi, satu atau

lebih modul pemodelan hidrologi dan pengembangan skenario dan alat pengambilan keputusan.

Dalam konteks pengelolaan dan adaptasi sumber daya air, DSS dapat membantu mensistematisasikan data air yang relevan dari sejumlah sektor untuk menciptakan pemahaman yang lebih baik tentang status sumber daya dan penggunaan serta pengguna yang relevan dalam suatu sistem tertentu, serta membantu mengeksplorasi berbagai skenario intervensi dan dampaknya terhadap sistem. Pada intinya, Sistem Pendukung Keputusan berfungsi sebagai antarmuka ilmu pengetahuan dan kebijakan dengan menyatukan keprihatinan dan prioritas sosial, serta dasar ilmiah untuk pengambilan keputusan yang bersama-sama menginformasikan berbagai skenario tindakan.

Ringkasan Teknologi Adaptasi Air

Penting untuk dicatat bahwa lebih banyak teknologi adaptasi yang mungkin relevan dengan pengelolaan dampak perubahan iklim pada sumber daya air. Contohnya termasuk kerentanan infrastruktur seperti waduk air minum, instalasi pengolahan air, tetapi juga risiko terhadap jalan, pelabuhan dan jembatan sehubungan dengan banjir rob dan sungai atau kenaikan permukaan laut. Tantangan-tantangan ini mungkin memerlukan penerapan teknologi adaptasi khusus yang berkaitan dengan desain infrastruktur itu sendiri, yang memerlukan analisis terkait lokasi dan desain yang berada di luar cakupan panduan ini. Tindakan ini juga cenderung berada di luar lingkup tanggung jawab pengelola air. Namun demikian, pendekatan terpadu untuk perencanaan adaptasi iklim yang mencakup perencanaan infrastruktur dan unit pembangunan yang tepat selalu sangat dianjurkan.

Inovasi baru dalam teknologi adaptasi perubahan iklim muncul hampir setiap hari, dan oleh karena itu taksonomi yang disajikan dalam bab ini perlu ditinjau ketika teknologi baru muncul. Untuk tetap *up to date*, pengguna didorong untuk langsung mengakses situs web CTCN tentang teknologi adaptasi perubahan iklim yang muncul sektor air dan sektor terkait lainnya (lihat Penjelasan 1 tentang ringkasan teknologi adaptasi air).

Penjelasan 1: Ringkasan teknologi adaptasi air

Untuk memberikan informasi lebih lanjut tentang masing-masing teknologi adaptasi air yang diperkenalkan dalam bab ini, ringkasan teknologi singkat dikembangkan untuk masing-masing teknologi.

Setiap ringkasan teknologi adaptasi air mencakup informasi berikut:

- a) Deskripsi – pengenalan singkat tentang teknologi
- b) Implementasi – penjelasan singkat tentang langkah-langkah utama yang berkaitan dengan implementasi teknologi
- c) Manfaat – penjelasan tentang manfaat lingkungan dan sosial ekonomi yang paling penting
- d) Peluang dan hambatan – penjelasan hambatan dan peluang yang paling signifikan terkait dengan teknologi
- e) Pertimbangan implementasi – penilaian relatif (pada skala 1 sampai 5) pertimbangan implementasi yang berkaitan dengan dimensi berikut: Kematangan teknologi, kebutuhan investasi awal, biaya operasional dan jangka waktu implementasi.

Ringkasan teknologi adaptasi air dapat diunduh dari tautan langsung dari sistem manajemen pengetahuan CTCN melalui: <https://www.ctc-n.org/resources/climate-change-adaptation-technologies-water-practitioner-s-guide-adaptation-technologies>

C. Teknologi Adaptasi Air Risiko dan Ketidakpastian Iklim

Risiko dan ketidakpastian merupakan tantangan yang melekat pada setiap pengelola air, termasuk investor teknologi adaptasi. Tantangan ini diperburuk oleh perubahan iklim. Namun, kondisi tersebut dapat dikurangi dengan menerapkan teknologi adaptasi yang membantu untuk lebih memahami dan mengevaluasi dampak perubahan iklim terhadap sumber daya air di suatu daerah aliran sungai, masyarakat, lokasi atau ekosistem. Respons adaptasi dan teknologi yang paling tepat dapat diidentifikasi melalui pemahaman yang lebih baik tentang dampak dan distribusinya.

Sub bab ini mengidentifikasi dua respon adaptasi keseluruhan untuk mengatasi risiko dan ketidakpastian di sektor air – Penilaian bahaya dan risiko dan penilaian Kerentanan. Dua respon tersebut mencakup langkah-langkah penting yang mengarah pada identifikasi dan penegasan teknologi adaptasi yang tepat, memberikan analisis diagnostik yang diperlukan untuk tindakan berdasarkan informasi.

Hidup dengan risiko berbagai tantangan terkait iklim bukanlah fenomena baru di banyak komunitas di seluruh dunia. Banjir musiman, misalnya, merupakan bagian dari siklus hidrologi di banyak daerah aliran sungai. Namun, perubahan iklim kemungkinan akan memperburuk tantangan ini dan meningkatkan keparahan dan ketidakpastian perubahan aliran

air musiman, termasuk perubahan distribusi dan keparahan peristiwa cuaca ekstrem. Memahami bahaya yang muncul dan meningkat ini, serta menilai tingkat risiko yang ditimbulkannya kepada masyarakat, sangat penting bagi setiap pengelola air untuk mengidentifikasi dan merancang strategi dan tindakan adaptasi terbaik, serta mengamankan investasi untuk penyebarannya.

Penilaian bahaya dan risiko perubahan iklim yang dirancang dengan baik membantu membangun hubungan antara perubahan iklim regional dan dampaknya di tingkat lokal, dan mengidentifikasi risiko spesifik pada sektor sumber daya air yang perlu ditangani. Ini termasuk dampak pada ketersediaan dan kualitas sumber daya air, serta identifikasi lokasi dan komunitas yang sangat rentan terhadap kejadian ekstrim'. Pada dasarnya, penilaian bahaya dan risiko mencoba untuk mengukur dampak perubahan iklim pada sumber daya air dan (kemungkinan) distribusi geografis dan temporalnya, berdasarkan pola sejarah dan ilmu pengetahuan terbaik yang tersedia saat ini.

Penting untuk dicatat bahwa ada banyak peringatan yang harus dipertimbangkan saat menggunakan data perubahan iklim yang diturunkan dan dimodelkan untuk penilaian bahaya dan risiko, dan terutama untuk aplikasi lokal. Ini dapat digunakan untuk perencanaan intervensi adaptasi dan dapat memberikan informasi yang berharga, tetapi asumsi dan ketidakpastian yang terkait dengan metode itu sendiri perlu dipahami dan dipertimbangkan dengan cermat. Informasi tambahan biasanya diperlukan untuk memvalidasi dan mendukung kumpulan data tersebut.

Di sisi lain, kajian kerentanan, melihat interaksi antara dampak perubahan iklim dan karakteristik kawasan, aktivitas ekonomi, ekosistem, atau komunitas yang bersangkutan. Kerentanan dengan demikian menjadi fungsi dari potensi dampak perubahan iklim (paparan) dan karakteristik sistem (sensitivitas terhadap perubahan) dan kemampuan sistem untuk menangani dampak (kapasitas adaptif). Ini juga berarti bahwa kerentanan adalah elemen yang tidak selalu statis, namun dapat berubah seiring waktu. Menerapkan teknologi adaptasi yang tepat dapat mengurangi kerentanan.

Tabel 1 merangkum teknologi adaptasi yang relevan untuk mengatasi Risiko dan Ketidakpastian Iklim. Ada semakin banyak variasi pendekatan dan metode untuk penilaian bahaya dan risiko serta penilaian kerentanan. Panduan ini bertujuan untuk menjelaskan pemikiran dasar dan alasan di balik pendekatan menyeluruh, dengan beberapa petunjuk ke titik awal yang mungkin.

Tabel 6.1. Teknologi adaptasi untuk mengatasi risiko ketidakpastian iklim

Respon adaptasi	Teknologi	Deskripsi
Penilaian bahaya dan risiko	Penurunan skala proyeksi model iklim	Metode estimasi dampak perubahan iklim skala lokal berdasarkan informasi yang berasal dari model iklim regional dan global. URL: https://www.ctc-n.org/resources/downscaling-climate-model-projections
	Penilaian risiko bencana menggunakan	LIDAR (Light Detection and Ranging), adalah metode penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk menghasilkan

Respon adaptasi	Teknologi	Deskripsi
	LIDAR	<p>peta topografi terperinci dan mengambil data elevasi digital yang diperlukan untuk pemodelan banjir dan analisis kerentanan dan risiko</p> <p>URL: https://www.ctc-n.org/resources/disaster-risk-assessment-using-lidar</p>
	Penilaian dan pemetaan bahaya banjir	<p>Teknologi yang digunakan untuk mengidentifikasi daerah yang berisiko banjir dan akibatnya, untuk meningkatkan manajemen risiko banjir dan kesiapsiagaan bencana.</p> <p>URL: https://www.ctc-n.org/resources/flood-hazard-assessment-and-mapping</p>
	Penilaian dan pemetaan risiko kekeringan	<p>Elemen kunci dari manajemen kekeringan karena membantu mengidentifikasi area yang paling berisiko kekeringan, memungkinkan masyarakat untuk merencanakan, serta mempersiapkan dan mengurangi kemungkinan dampak.</p> <p>URL: https://www.ctc-n.org/resources/drought-risk-assessment-and-mapping</p>
Penilaian kerentanan	Skenario sosial ekonomi	<p>Skenario sosial-ekonomi adalah berbagai model yang mewakili perkembangan yang diasumsikan dalam penggerak sosial-ekonomi utama. Skenario digunakan untuk mengkarakterisasi kekuatan sosial dan ekonomi yang mendorong perubahan iklim.</p> <p>URL: https://www.ctc-n.org/resources/drought-risk-assessment-and-mapping</p>

Respon adaptasi	Teknologi	Deskripsi
		n.org/resources/socio-economic-scenarios
	Penilaian kerentanan perubahan iklim	<p>Dalam konteks pengelolaan sumber daya air, penilaian kerentanan berfokus pada risiko iklim untuk memenuhi peningkatan kebutuhan air karena perubahan iklim, dan menciptakan kesiapsiagaan terhadap peningkatan variabilitas iklim (termasuk kejadian ekstrem seperti banjir dan kekeringan).</p> <p>URL: https://www.ctcn.org/resources/climate-change-vulnerability-assessments</p>
	Skala keputusan	<p>Pendekatan penilaian risiko dan kerentanan iklim yang menggabungkan masukan dari pemangku kepentingan dan proyeksi iklim. Inti dari penskalaan keputusan adalah penggunaan analitik data, ditambah dengan keterlibatan pemangku kepentingan untuk memahami sensitivitas dan ketidakpastian utama, dan identifikasi pendekatan respons yang kuat.</p> <p>URL: https://www.ctcn.org/resources/decision-scaling</p>

Air Terlalu Sedikit

Perubahan variabilitas pola curah hujan dan peningkatan suhu yang terkait dengan perubahan iklim diperkirakan akan berkontribusi pada peningkatan frekuensi kelangkaan air dan kekeringan. Risiko kelangkaan air diperburuk oleh pendorong

sosial ekonomi seperti pertumbuhan penduduk, pembangunan ekonomi dan peningkatan terkait penggunaan air per kapita, serta perluasan kegiatan pertanian dan industri.

Berkurangnya aliran dan meningkatnya tekanan air memiliki hubungan kuat dengan kesehatan ekosistem dan kualitas air. Dengan demikian, mengurangi kelangkaan air berkontribusi tidak hanya pada ketersediaan sumber daya fisik yang lebih besar, tetapi juga kesehatan ekosistem yang berkelanjutan dan hampir semua aktivitas sosial ekonomi, termasuk produksi energi, pertanian dan produksi pangan, serta aktivitas industri.

Secara umum, kelangkaan air dapat dikaitkan dengan dua pendorong utama - alam dan manusia. Kelangkaan air yang berasal dari faktor alam dapat menjadi akibat dari curah hujan dan aliran air tawar yang lebih rendah dari biasanya, yang menyebabkan kekurangan air secara fisik. Sebagai contoh, banyak sungai mengalami variasi aliran musiman, dan akibatnya aliran di musim kemarau tidak lagi cukup untuk menopang aktivitas manusia dan ekosistem yang optimal. Variabilitas curah hujan musiman ini diperkirakan akan meningkat di banyak daerah, seringkali membuat musim kemarau lebih kering dan musim hujan lebih basah.

Kelangkaan air juga dapat, dan seringkali, disebabkan oleh penggunaan sumber daya yang tidak berkelanjutan, terlepas dari apakah ketersediaan fisik air dan pola curah hujan telah berubah atau tidak. Permintaan yang bersaing dan penyerapan air tanah dan air permukaan yang berlebihan, bersama dengan pengembangan sumber daya yang kurang terkoordinasi, adalah penyebab umum kelangkaan air di banyak daerah. Abstraksi yang berlebihan dapat menyebabkan krisis air yang lebih akut karena menyebabkan degradasi

sumber daya langka yang tersisa – misalnya salinisasi air tanah atau peningkatan polusi nutrisi karena berkurangnya kemampuan air tawar untuk mengencerkan polutan.

Masyarakat harus dapat mempertahankan mata pencaharian dan kegiatan sosial ekonomi mereka dengan cara yang juga menjaga pasokan air yang cukup di musim kemarau, atau selama kekeringan. Untuk melakukannya, perlu merencanakan dan menerapkan teknologi adaptasi yang dapat membantu mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang ada, terbatas, serta mengurangi permintaan. Beberapa opsi respons adaptasi kunci terhadap kelangkaan air diuraikan di bawah ini.

Kesepakatan alokasi air yang lebih baik adalah kunci untuk penggunaan sumber daya yang terbatas secara efisien dan memastikan bahwa pengembangan sumber daya terkoordinasi dengan lebih baik, sehingga mengurangi risiko abstraksi yang berlebihan dan degradasi ekosistem. Alokasi air sebagai respons perubahan iklim bertujuan untuk menerapkan teknologi dan menetapkan pengaturan untuk berbagi sumber daya yang ada di antara pengguna dengan cara yang adil, dan untuk memastikan manfaat maksimal bagi semua, termasuk lingkungan. Ini relevan untuk semua sumber air tawar, termasuk air permukaan dan air tanah. Prasyarat penting untuk alokasi air yang efisien adalah memahami input dan abstraksi dalam kaitannya dengan seluruh DAS atau badan air yang bersangkutan, termasuk kuantifikasi ketersediaan dan permintaan untuk berbagai pengguna, serta nilai yang diciptakan oleh berbagai kegunaan bagi masyarakat. Informasi ini dapat mendukung keputusan untuk alokasi yang optimal. Dialog pemangku kepentingan harus menjadi bagian dari semua proyek alokasi air, mengingat bahwa seringkali

kompromi harus dinegosiasikan di antara penggunaan dan pengguna yang bersaing.

Augmentasi air pada gilirannya bertujuan untuk meningkatkan pasokan air tawar yang tersedia melalui resapan aktif atau perlindungan, atau daerah resapan air. Peningkatan urbanisasi dan konversi lahan, bersama dengan perubahan iklim, mempengaruhi siklus alami pengisian akuifer. Pengisian alami air tanah terjadi ketika air permukaan mampu meresap melalui tanah dan vegetasi untuk mencapai permukaan air tanah yang berasal dari hujan atau aliran permukaan. Mempertahankan tabel air tanah yang cukup juga mengurangi intrusi air asin. Dalam beberapa dekade terakhir, pembangunan perkotaan dan kegiatan konversi lahan lainnya telah mengurangi tingkat permukaan permeabel untuk pengisian air tanah, karena bangunan, aspal dan konstruksi keras lainnya yang tidak memungkinkan air meresap melalui tanah. Augmentasi air sebagai respon adaptasi bertujuan untuk mengembalikan peluang peningkatan tangkapan air dan infiltrasi dengan menciptakan ruang hijau untuk meningkatkan resapan alami dari curah hujan. Pilihan lain untuk augmentasi dapat dikelola resapan, seperti injeksi air di akuifer keluar.

Dengan prediksi perubahan panjang dan intensitas musim kemarau dan hujan, penyimpanan air merupakan salah satu pilihan respon adaptasi yang paling penting untuk mengatasi kelangkaan air. Beberapa daerah mungkin mengalami penurunan curah hujan, sementara di tempat lain, bahkan dengan peningkatan keseluruhan, hujan dapat turun lebih deras dan dalam periode yang lebih pendek, memperpanjang musim kering. Hal ini akan membutuhkan respon adaptasi yang menggunakan penyimpanan air untuk menopang kegiatan pertanian dan sosial ekonomi lainnya

bahkan di musim kemarau. Ada peluang dalam teknologi penyimpanan air skala kecil dan besar, untuk efek ini.

Ketika sumber daya langka, penting untuk mengatasi tidak hanya pasokan yang tersedia, tetapi juga permintaan yang sering mendorong kelangkaan air. Efisiensi air dan langkah-langkah manajemen permintaan membantu mengurangi penggunaan dan pemborosan air tawar yang tidak efisien melalui peningkatan teknologi dan pengawasan penggunaan air yang lebih baik. Mengatasi penggunaan air per kapita yang tinggi, kehilangan sistem dan penggunaan yang tidak efisien dapat membuat perbedaan besar dalam mengurangi permintaan dan penggunaan air di banyak komunitas. Hal ini dapat dilakukan melalui berbagai tindakan yang mencakup peningkatan efisiensi penggunaan melalui peningkatan teknologi (misalnya peningkatan efisiensi dalam pertanian beririgasi), peningkatan insentif untuk penghematan air, atau persyaratan peraturan yang menetapkan standar batas penggunaan air yang dapat diterima. Dibandingkan dengan respon adaptasi lainnya, ini sering menggunakan teknologi yang relatif murah. Implementasi yang sukses, bagaimanapun, membutuhkan keterlibatan tingkat tinggi dari para pemangku kepentingan, termasuk masyarakat umum. Oleh karena itu, peningkatan kesadaran dan pendidikan sering memainkan peran penting dalam keberhasilan penerapan pendekatan tersebut.

Bahkan dengan keberhasilan penerapan langkah-langkah penyediaan dan permintaan air, ada daerah-daerah di mana kelangkaan air perlu mencari sumber-sumber pasokan air alternatif. Contohnya dapat ditemukan di banyak negara Timur Tengah dan Afrika Utara, dan negara kepulauan, di mana air tawar seringkali tidak cukup diperbarui untuk menopang

pertumbuhan populasi. Hal ini menciptakan kebutuhan akan sumber air tawar baru di luar pemanfaatan air permukaan dan air tanah. Sumber air alternatif yang berkembang pesat dan diterapkan termasuk desalinasi air laut dan penggunaan kembali air limbah, meskipun pilihan lain juga tersedia. Tabel di bawah ini memperkenalkan teknologi adaptasi air yang relevan untuk mengatasi tantangan ini.

Tabel 6.2. Teknologi adaptasi untuk terlalu sedikit air.

Respon adaptasi	Teknologi	Deskripsi
Alokasi Air	Pemodelan tingkat DAS dan peramalan musiman	Sebuah instrumen perencanaan (atau seperangkat instrumen) untuk membantu mengoptimalkan alokasi air di DAS di antara persaingan penggunaan air. Menggunakan kombinasi model hidrologi dan ekonomi untuk memperkirakan ketersediaan air total, yang kemudian digunakan untuk menilai dampak lingkungan dan ekonomi. URL: https://www.ctc-n.org/resources/basin-level-modelling-and-seasonal-forecasting-water-allocation
	Penjataan air musiman	endekatan untuk mengontrol tingkat penggunaan air di antara pengguna yang berbeda berdasarkan ketersediaan air musiman dan prioritas sosial ekonomi. Penjataan dapat berupa pembatasan penggunaan air untuk tujuan tertentu, pada waktu tertentu, atau daerah tertentu. Tujuannya adalah untuk mempertahankan penggunaan yang adil di antara pengguna yang

Respon adaptasi	Teknologi	Deskripsi
		berbeda, serta tingkat produktivitas air yang tinggi, sepanjang tahun. URL: https://www.ctc-n.org/resources/seasonal-water-rationing
	Realokasi air	Pengalihan hak guna antara pengguna yang telah dialokasikan sejumlah air (melalui hak guna air formal atau hak, atau pengaturan informal), setelah ditentukan alokasi awal secara fisik tidak mungkin, atau secara sosial ekonomi tidak menguntungkan. URL: https://www.ctc-n.org/resources/water-reallocation
Augmentasi air (penambahan air)	Pemanenan air hujan untuk infiltrasi	Juga dikenal sebagai pemanenan air in situ, ini adalah praktik di mana penyerapan air hujan di tanah meningkat melalui permukaan tanah, sistem perakaran dan air tanah. URL: https://www.ctc-n.org/resources/rainwater-harvesting-infiltration
	Ruang hijau perkotaan	Ruang hijau adalah area yang ditutupi oleh vegetasi (misalnya rumput, semak atau pohon). Sangat relevan dalam pengaturan perkotaan, untuk membantu penyerapan dan infiltrasi air, menurunkan tingkat limpasan yang seringkali mengandung jumlah polutan yang berlebihan. URL: https://www.ctc-n.org/resources/urban-green-spaces

Respon adaptasi	Teknologi	Deskripsi
	Konjungsi penggunaan air permukaan dan air tanah	<p>Penggunaan dan pengembangan gabungan air permukaan dan air tanah. Bertujuan untuk meningkatkan ketahanan pasokan air secara keseluruhan dengan memanfaatkan kedua sumber air, terutama di masyarakat dan cekungan dengan variabilitas air yang tinggi sepanjang musim.</p> <p>URL: https://www.ctc-n.org/resources/conjunctive-use-surface-and-groundwater</p>
	Pengisian akuifer terkelola	<p>Pendekatan pengelolaan air yang dapat digunakan untuk memaksimalkan penyimpanan alami dan meningkatkan ketahanan sistem pasokan air selama periode aliran rendah dan variabilitas musiman yang tinggi. Selama periode ini akuifer sengaja diisi ulang untuk memulihkan air. Pengisian ulang yang dikelola menyiratkan bahwa proses pengisian ulang dikendalikan dan memastikan risiko kesehatan dan lingkungan diminimalkan.</p> <p>URL: https://www.ctc-n.org/resources/managed-aquifer-recharge-mar</p>
	Perlindungan air sumber	<p>Mencakup tindakan yang membatasi penggunaan berlebihan dan pencemaran air pada sumbernya, termasuk peraturan (misalnya kuota alokasi air, peraturan kepatuhan kualitas air), skema kompensasi (misalnya</p>

Respon adaptasi	Teknologi	Deskripsi
		<p>pembayaran kepada pengguna industri atau pertanian untuk mengurangi penggunaan polutan atau volume ekstraksi, pembayaran untuk skema jasa ekosistem) atau tindakan konservasi di hulu DAS.</p> <p>URL: https://www.ctc-n.org/resources/source-water-protection</p>
Efisiensi air dan manajemen permintaan	Efisiensi air di industri	<p>Perubahan perilaku, operasional dan teknologi untuk meningkatkan efisiensi air dalam produksi industri. Mencakup deteksi kebocoran dan perbaikan pipa air yang lebih efektif dan penggunaan teknologi baru dan lebih efisien (misalnya pipa, sistem dosis cerdas, pengatur waktu, sistem pembersihan dengan efisiensi lebih tinggi, sistem pemantauan air).</p> <p>URL: https://www.ctc-n.org/resources/water-efficiency-industry</p>
	Peningkatan efisiensi irigasi	<p>Bertujuan untuk meminimalkan penggunaan air dalam sektor pertanian sambil terus mempertahankan tingkat produktivitas tanaman yang optimal. Teknologi mencakup sistem irigasi yang lebih efisien di mana pelepasan air dapat dikontrol sehingga tanaman hanya menerima jumlah yang dibutuhkan (misalnya sistem irigasi bertekanan seperti irigasi tetes).</p> <p>URL: https://www.ctc-n.org/resources/water-efficiency-industry</p>

Respon adaptasi	Teknologi	Deskripsi
		n.org/resources/improved-irrigation-efficiency
	Pengukuran air	Sebuah metode, termasuk peralatan yang diperlukan, yang membantu pengguna untuk memperhitungkan tingkat konsumsi air yang sering digabungkan dengan biaya penetapan harga per unit yang dikonsumsi. Seringkali komponen pengelolaan sumber daya air publik ditujukan untuk memantau dan pada akhirnya mengurangi konsumsi air. URL: https://www.ctcn.org/resources/water-metering
	Mengurangi kehilangan dan kebocoran air	Langkah-langkah untuk meningkatkan efisiensi dalam sistem distribusi dan menghindari penarikan yang tidak perlu. Kehilangan air 'nyata' didefinisikan sebagai jumlah air yang hilang antara pemasok dan konsumen, sedangkan kehilangan 'nyata' didefinisikan sebagai akibat pengukuran konsumsi yang tidak akurat oleh konsumen atau utilitas. URL: https://www.ctcn.org/resources/reducing-system-water-loss-and-leakages
Kampanye konservasi air publik	Bertujuan untuk mengubah sikap dan perilaku warga untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air. Termasuk kampanye pendidikan dan kesadaran tentang manfaat sosial ekonomi dan lingkungan dari konservasi air dan	

Respon adaptasi	Teknologi	Deskripsi
		metode konservasi yang berbeda. URL: https://www.ctc-n.org/resources/public-water-conservation-campaigns

Terlalu Banyak Air

Perubahan iklim diperkirakan berkontribusi pada peningkatan intensitas curah hujan, serta peningkatan variabilitas distribusi musiman hujan. Meningkatnya suhu berarti bahwa atmosfer mampu menahan peningkatan jumlah kelembaban, yang mengarah ke potensi volume curah hujan yang lebih tinggi, dan dengan demikian meningkatkan risiko banjir. Di wilayah pesisir, kenaikan permukaan laut akan memperburuk bahaya banjir rob.

Masyarakat harus beradaptasi dengan banjir sungai, banjir bandang, banjir perkotaan dan luapan selokan, serta risiko banjir akibat semburan danau gletser. Banyak negara telah mengalami peningkatan frekuensi dan keparahan banjir. Baik faktor iklim maupun non-iklim akan mempengaruhi luasnya dampak banjir terhadap pemukiman manusia dan kegiatan sosial ekonomi. Dampak langsung dan kerusakan akibat banjir tergantung pada banyak faktor, seperti karakter tanah, kebasahan, urbanisasi dan tutupan lahan, di samping keberadaan tanggul, bendungan, atau bangunan pencegah banjir lainnya. Namun, dampaknya juga sebagian besar tergantung pada konsentrasi kegiatan sosial ekonomi di zona risiko banjir (daerah padat penduduk vs. daerah terpencil) dan tingkat kesiapsiagaan dan respons banjir secara umum.

Perlindungan banjir sungai bukanlah fenomena baru dan banyak masyarakat menghadapi banjir sungai (juga dikenal sebagai banjir fluvial) secara teratur. Namun kerusakan ekonomi dan banjir manusia menjadikannya jenis bencana paling mahal dalam skala global. Banjir sungai terjadi ketika kapasitas menahan air sungai terlampaui sebagai akibat dari curah hujan atau pencairan salju. Penyumbatan pada aliran di sepanjang anak sungai dapat memperburuk risiko banjir, misalnya dengan membobol pertahanan banjir. Banjir bandang terjadi saat hujan deras dan sangat berbahaya karena datangnya cepat dan kecepatan air lebih cepat dan lebih kuat. Hal ini juga lebih menantang untuk memprediksi terjadinya banjir bandang, dibandingkan dengan banjir musiman di dataran banjir. Pertumbuhan penduduk dan urbanisasi terus meningkatkan jumlah nyawa manusia dan aset yang terancam. Banjir air permukaan (juga dikenal sebagai banjir pluvial) di lingkungan perkotaan terjadi ketika curah hujan, terutama selama curah hujan intens yang berkepanjangan dan hujan deras, tidak dapat meresap melalui tanah dan terakumulasi di daerah dengan kapasitas penyerapan yang rendah. Meningkatnya tingkat urbanisasi dan kepadatan pengembangan lahan berkontribusi pada peningkatan permukaan kedap air. Daerah resapan permukaan air berkurang, dan dikombinasikan dengan penebaran, atau tidak ada, infrastruktur air baku, kondisi ini menciptakan kebutuhan mendesak untuk meningkatkan langkah-langkah pengelolaan air hujan perkotaan untuk adaptasi perubahan iklim. Banjir perkotaan bisa berbahaya dan menghancurkan karena serangannya yang cepat dan paparan populasi besar (dan aset) terhadap risiko di area yang relatif kecil. Risiko yang terkait dengan banjir pluvial juga mencakup luapan saluran

pembuangan gabungan (CSO) yang terjadi di kota-kota di mana sistem pengumpulan air hujan digabungkan dengan sistem pembuangan limbah domestik dan sistem air limbah industri. Selama peristiwa hujan deras, volume air badai yang tinggi dapat menyebabkan selokan meluap, menciptakan risiko pencemaran air di badan air terdekat, serta risiko kesehatan masyarakat yang serius. Penyebaran penyakit yang ditularkan melalui air akibat banjir dan kejadian ekstrim lainnya telah didokumentasikan dengan baik oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO).

Salah satu dampak paling langsung dari perubahan iklim di daerah pegunungan adalah mencairnya es dan mencairnya gletser, yang berkontribusi pada penciptaan danau glasial baru, serta peningkatan volume air di danau yang ada. Akumulasi air lelehan menempatkan danau glasial pada peningkatan risiko dari ledakan danau glasial. Danau glasial secara inheren tidak stabil, dan karena volume air dan kecepatan ledakan, efek dari peristiwa banjir danau glasial dapat merusak, menghapus ladang pertanian dan rumah, menghancurkan infrastruktur penting (misalnya jalan dan pembangkit listrik tenaga air) dan mengganggu kehidupan masyarakat selama berbulan-bulan. Karena perubahan iklim, kebutuhan akan tindakan pencegahan ledakan danau glasial sangat mendesak di banyak daerah pegunungan.

Ada berbagai teknologi adaptasi yang dapat digunakan untuk mengurangi kerusakan akibat banjir, mulai dari teknologi perlindungan struktural hingga akomodasi peristiwa banjir yang tak terhindarkan. Teknologi ini dirangkum di bawah ini.

Tabel 6.3. Teknologi adaptasi untuk mengelola terlalu banyak air di skala perkotaan

Respon adaptasi	Teknologi	Deskripsi
Pengelolaan limpasan hujan perkotaan	Ruang hijau perkotaan	Ruang hijau adalah area yang ditutupi oleh vegetasi (misalnya rumput, semak atau pohon). Di lingkungan perkotaan, mereka membantu menyerap dan menyusup ke air, menurunkan laju limpasan, yang juga sering mengandung polutan dalam jumlah berlebihan. URL: https://www.ctc-n.org/resources/urban-green-spaces
	Trotoar permeabel dan tempat parkir	Infrastruktur yang dirancang di lingkungan perkotaan untuk memfasilitasi limpasan air hujan dan mengurangi risiko banjir perkotaan dan luapan air hujan. Dibangun untuk memanfaatkan jasa ekosistem yang disediakan oleh tanah, memungkinkan penangkapan dan infiltrasi air. URL: https://www.ctc-n.org/resources/permeable-pavements-and-parking-lots
	Bioswales (parit bervegetasi)	Strip area bervegetasi yang mengarahkan dan menyaring limpasan hujan. Bioswale tipikal adalah jalur vegetasi linier yang panjang di lingkungan perkotaan yang digunakan untuk mengumpulkan air limpasan dari permukaan besar yang kedap air seperti jalan dan tempat parkir. URL: https://www.ctc-n.org/resources/bioswales
	Optimalisasi sistem	Memperbaiki sistem drainase yang ada. Model simulasi komputer meningkatkan

Respon adaptasi	Teknologi	Deskripsi
	drainase perkotaan	operasi waktu nyata menggunakan algoritme untuk mengevaluasi kinerja sistem, mengungkapkan kekurangan, mengidentifikasi area berisiko banjir yang tinggi, dan menggambarkan intervensi peningkatan desain yang optimal seperti kapasitas pompa yang optimal, ukuran penyimpanan, dan lokasi, ruang hijau, dll. URL: https://www.ctc-n.org/resources/opimization-urban-drainage-systems
	Struktur kontrol limpasan untuk menyimpan sementara air hujan	Struktur yang dirancang untuk menangkap limpasan selama arus puncak, dan dapat berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara. Biasanya dibangun dengan komponen pembuangan untuk melepaskan air secara perlahan ke saluran air terdekat agar tidak meluap dari bak penampungan. Dapat dibangun secara artifisial, misalnya dengan menggali areal yang luas sehingga lebih rendah dari tanah di sekitarnya. Ruang hijau seperti lahan basah juga dapat dimanfaatkan sebagai struktur penyimpanan limpasan sementara URL: . https://www.ctc-n.org/resources/runoff-control-structures-temporarily-store-rainwater



Rujukan Utama : Betule et al,2017 (30)

Bab 7

Kesimpulan

Berdasarkan hasil telaah penelitian-penelitian terdahulu, laporan yang dibuat oleh badan-badan nasional dan internasional, serta hasil-penelitian yang telah dilakukan penulis sejak Tahun 2014 sampai sekarang dengan fokus utama permasalahan banjir, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Banjir perkotaan yang terjadi pada kurang lebih dua dekade terakhir disebabkan oleh 2 faktor utama, yaitu faktor alam dan faktor buatan manusia, yang mana kedua faktor tersebut mempunyai keterkaitan satu dengan yang lain.

Faktor alam adalah faktor yang sangat dipengaruhi oleh kondisi alam saat ini dan bersifat *given*. Faktor ini meliputi semua parameter iklim dan cuaca (antara lain radiasi surya, suhu udara, tekanan udara, angin, kelembaban udara, awan, evapotranspirasi, dan presipitasi), dan musim (catatan: di Indonesia hanya ada 2 musim, hujan dan kemarau). Namun, perubahan iklim (*climate change*) yang terjadi sejak beberapa dekade yang lalu sangat besar pengaruhnya terhadap intensitas dan durasi hujan saat ini. Telah banyak penelitian yang dilakukan terkait perubahan iklim dan pengaruhnya terhadap kejadian hujan ekstrim. Hasil penelitian mengarah pada hasil yang sama, yaitu dengan periode ulang yang sama besaran hujan semakin tinggi. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa durasi hujan pada kejadian hujan ekstrim semakin singkat, frekuensi hujan ekstrim meningkat, dan waktu konsentrasi

juga semakin singkat khususnya di DAS perkotaan seiring dengan perubahan tata guna lahan yang menyebabkan koefisien limpasan permukaan lahan semakin besar. Perubahan iklim dan perubahan tata guna lahan sebagian besar juga merupakan hasil campur tangan manusia, yang terakumulasi sejak beberapa puluh tahun yang lalu.

Faktor buatan manusia antara lain, penebangan dan penggundulan hutan, praktik pengelolaan dan pengolahan lahan yang tidak memperhatikan pelestarian sumber daya alam, penegakan hukum yang kurang optimal sehingga banyak terjadi pelanggaran yang berdampak pada keberlanjutan lingkungan, misalnya yang selalu terjadi di kota-kota besar yaitu berkembangnya permukiman padat penduduk di daerah rawan banjir meskipun masyarakat sadar akan risikonya, kebiasaan membuang sampah di sungai atau saluran, bangunan liar di pinggir sungai atau saluran, belum terpenuhinya persyaratan minimal ruang terbuka atau ruang terbuka hijau yaitu sebesar 20% dari seluruh ruang.

- 2) Ada dua pihak utama yang harus dilibatkan dalam mengatasi permasalahan banjir, khususnya di perkotaan, yaitu pemerintah dan masyarakat. Pihak pemerintah meliputi semua dinas dan instansi terkait, serta aparat dari tingkat administrasi yang tertinggi hingga yang terendah. Sedangkan masyarakat terdiri dari unsur masyarakat lokal (masyarakat terdampak banjir), akademisi, dunia usaha dan dapat juga melibatkan LSM.

Setiap unsur memiliki fungsi masing-masing sebagai berikut:

- a) Pemerintah sebagai fasilitator yang memberikan bantuan sarana dan prasarana yang dibutuhkan untuk perbaikan maupun pengembangan program, sekaligus mengatur mekanisme bantuan dalam rencana anggaran daerah.
- b) Masyarakat lokal sebagai aktor utama implementasi program yang dimulai dari tahapan perencanaan pengembangan program, keterlibatan dalam proses pembangunan dan pelaksanaan program, serta membangun jejaring kerjasama dengan pihak manapun dalam rangka pengembangan program.
- c) Akademisi sebagai agen perubahan dan transfer ilmu pengetahuan melakukan *updating* konsep dan teknologi terkini yang sesuai untuk diterapkan di kelompok masyarakat tertentu agar memberikan hasil terbaik. Dalam rangka mendapatkan hasil terbaik, akademisi juga dapat berfungsi melakukan monitoring dan evaluasi (*monev*) yang mana hasilnya digunakan sebagai dasar perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*).
- d) Dunia usaha sebagai kontributor sumber dana atau material lainnya melalui program *Corporate Social Responsibility* (CSR). CSR adalah pendekatan bisnis dengan memberikan kontribusi terhadap pembangunan yang berkelanjutan dengan memberikan manfaat ekonomi, sosial dan lingkungan bagi seluruh pemangku kepentingan. Tanggung jawab sosial adalah komitmen bisnis untuk bertindak secara etis, beroperasi secara

legal dan berkontribusi untuk meningkatkan kualitas kehidupan karyawan dan masyarakat.

- e) Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) sebagai katalisator atau pemercepat proses. LSM dapat menjadi mitra pemerintah ataupun masyarakat dalam rangka memastikan pelaksanaan program sesuai dengan peruntukannya.
- 3) Implementasi dari peran dan fungsi semua unsur sebagaimana butir 2) di atas telah berhasil mengubah suatu kawasan kumuh menjadi kawasan bersih, tertata rapi dan bahkan mendapat anugerah sebagai Kampung Ketahanan Pangan dari Dinas Pertanian Kota Malang. Masyarakat terdampak banjir tersebut dengan segala kreativitas dan inovasi yang dimiliki, serta upaya yang dilakukan secara bersama mampu mengubah banjir dari **musibah** menjadi **anugerah**. Hal ini dapat dilihat pada *pilot project* di kawasan Glintung Water Street (GWS), yang merupakan lokasi penelitian sejak Tahun 2018 hingga sekarang. Pilot project ini dilaksanakan atas kerjasama antara tim peneliti dari Universitas Merdeka Malang dengan tim dari Bidang Sumber Daya Air dan Drainase Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Kota Malang. Masyarakat GWS memiliki nilai-nilai kearifan lokal yaitu gotong royong dan guyub rukun yang sudah tertanam dengan kuat sebagai warisan budaya dan hasil pendidikan orang tua. Nilai-nilai ini selanjutnya mendasari pengembangan sistem ketahanan dan manajemen risiko banjir. Masyarakat juga memiliki kreasi, inovasi dan produktivitas yang tinggi sehingga dapat mengembangkan budidaya ikan dan sayuran dengan

memanfaatkan saluran drainase dan air sisa budidaya ikan untuk menyuburkan tanaman. Hasil ikan dan sayuran digunakan untuk membiayai operasional sistem ketahanan banjir masyarakat secara mandiri sehingga keberlanjutan program dapat terus dipertahankan. Program pengendalian banjir yang dilaksanakan tidak hanya berhasil menurunkan tingkat risiko banjir hingga 30%, tetapi juga memberikan efektivitas biaya investasi saluran drainase hingga 49,2% dalam setahun sebagai dampak penerapan sistem manajemen risiko banjir oleh masyarakat.

Hasil studi dapat menjadi pembelajaran bagi pemerintah dan pihak-pihak lain yang berkepentingan, bahwa masyarakat setempat sudah siap bernegosiasi dengan banjir. Hal ini dapat meringankan beban dan tanggung jawab pemerintah atau pihak lain dalam menangani masalah banjir. Lambat laun, peran pemerintah bergeser hanya sebagai fasilitator.

Diperlukan studi lebih lanjut, terutama di wilayah yang lebih luas atau di wilayah lain dengan karakteristik masyarakat yang berbeda, sehingga dapat dikembangkan model hubungan antara pengelolaan risiko banjir dengan lokasi geografis dan karakteristik masyarakat.

- 4) Kota Bebas Banjir akankah menjadi kenyataan? Kota bebas banjir tidak pernah dapat diwujudkan karena hujan adalah peristiwa alam yang tidak dapat dipastikan kapan datangnya dan berapa besarnya. Kemajuan teknologi hanya dapat membuat hujan buatan, namun tidak dapat merekayasa jumlah hujan alami yang akan jatuh ke bumi agar dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

Kemajuan teknologi juga hanya bisa meramalkan dan mengantisipasi dampak yang terjadi melalui sistem ketahanan banjir, manajemen risiko banjir, peringatan dini banjir, yang digabung dengan langkah-langkah struktural, yang kesemuanya itu dikemas dalam satu konsep yang dikenal sebagai pengelolaan banjir terpadu atau *integrated flood management* (IFM).

Kota bebas banjir mungkin sulit untuk diwujudkan, namun kota bebas bahaya banjir mungkin masih dapat diwujudkan dengan menerapkan konsep pengelolaan banjir terpadu yang menggabungkan langkah-langkah struktural (pembuatan saluran drainase, embung, pintu air, dll), dan non struktural (manajemen risiko banjir, peringatan dini banjir, dan sistem ketahanan banjir di tingkat bangunan/kampung/kota, dll). Keberhasilan upaya-upaya pengendalian risiko banjir sangat tergantung pada komitmen semua unsur pelaksana dalam menyelesaikan permasalahan banjir sesuai peran dan fungsi masing-masing sebagaimana diuraikan pada butir 2 di atas. Masing-masing aktor memiliki tugas dan tanggung jawab yang harus senantiasa dilakukan dengan konsisten, serta bersinergi dengan semua unsur lainnya dalam menjalankan fungsi masing-masing secara terintegrasi.

Untuk mengembalikan kondisi kota seperti sebelumnya diperlukan proses yang panjang, karena kondisi yang ada saat ini juga merupakan hasil dari proses yang panjang hingga manusia tidak merasakan bahwa sedang melakukan proses untuk "merusak" alam.

Ahli hidrologi, ahli hidrolika & sipil telah memainkan peran penting, dalam perlindungan, pengendalian, dan

pengelolaan banjir. "Pemecahan Masalah" banjir selalu dibuat dari sudut pandang hidrolik & teknik sipil. Banyaknya masalah banjir saat ini dapat berasal dari "solusi teknis" di masa lalu dan pembangunan perkotaan yang tidak terkendali. *Engineers* adalah satu-satunya pembuat keputusan dalam kasus banjir.

Saat ini *engineers* bukan satu-satunya pembuat keputusan. Mereka adalah kelompok pendukung bagi para pembuat keputusan politik. Tidak ada solusi "optimal", yang ada adalah solusi yang "dapat diterima" atau "kompromi terbaik". Hal ini menunjukkan bahwa ada pemangku kepentingan lain yang terlibat dalam proses pengambilan keputusan. Biasanya ada banyak solusi yang sama buruknya dan pelaksanaannya adalah memilih salah satu dari solusi buruk tersebut atau melakukan "kompromi" (mis: berdamai dengan banjir).

Heterogenitas masyarakat juga menjadi kendala yang dapat menghambat pemulihan. Heterogenitas tersebut antara lain dibentuk dari perbedaan jenis kelamin (gender), tingkat pendidikan, usia, status sosial, dan pekerjaan/profesi/mata pencaharian. Sebelum menerapkan program pada suatu kelompok masyarakat tertentu harus dilakukan pemetaan (*mapping*) tentang kondisi sosial dengan komponen-komponen tersebut.

Dari hasil penelitian juga ditemukan bahwa faktor kepemimpinan lokal juga berpengaruh signifikan terhadap keberlanjutan dan pengembangan program. Namun, seluruh masyarakat lokal harus tetap diarahkan untuk menjadi aktor utama dalam proses pemulihan alam.

Daftar Pustaka

- [1] WWF (World Wide Fund For Nature), "Water is our most precious resource. We can't live without it. And nor can vast numbers of species. But we are facing a global water crisis.," 2020. [Online]. Available: https://wwf.panda.org/discover/our_focus/freshwater_practice/. [Accessed: 03-Aug-2021].
- [2] Solar Impulse Foundation, "Water scarcity Effects," 2021. [Online]. Available: <https://solarimpulse.com/water-scarcity-solutions>. [Accessed: 03-Aug-2021].
- [3] WHO, "Floods," 2021. [Online]. Available: https://www.who.int/health-topics/floods#tab=tab_1. [Accessed: 03-Aug-2021].
- [4] WaterConnect, "Floods have both positive and negative consequences." [Online]. Available: https://www.waterconnect.sa.gov.au/Hazard-Management/SitePages/What_are_the_impacts_of_floods.aspx. [Accessed: 03-Aug-2021].
- [5] European Commission, "Floods and their impacts." [Online]. Available: https://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/impacts.htm. [Accessed: 03-Aug-2021].
- [6] National Flood Forum, "The impact of a flood can affect a community in many different ways," 2020. [Online]. Available: <https://nationalfloodforum.org.uk/working-together/communities/impact-on-communities/>. [Accessed: 03-Aug-2021].

- [7] C. P. Konrad, "Effects of Urban Development on Floods," *U.S. GEOLOGICAL SURVEY, Fact Sheet 076-03*, 2016. [Online]. Available: <https://pubs.usgs.gov/fs/fs07603/>. [Accessed: 03-Aug-2021].
- [8] L. Sedyowati and Turijan, "Simulasi Profil Aliran Pada Persimpangan Jalan Di Perumahan Bumi Purwantoro Agung Malang (Suatu Upaya Pengendalian Genangan Di Daerah Perkotaan)," in *Seminar Basic Science VI, FMIPA Universitas Brawijaya Malang*, 2009.
- [9] J. Suparmanto, M. Bisri, and R. W. Sayekti, "Evaluasi Dan Alternatif Penanggulangan Genangan Berbasis Konservasi Air Di Kota Kupang Das Dendeng – Merdeka Propinsi Nusa Tenggara Timur," *Tek. Pengairan, Fak. Tek. Unibraw*, 2011.
- [10] Anonim, "Kebijakan Mengatasi Kemacetan Di Jakarta: Menuju Penguatan Peran Departemen PU," 2009.
- [11] R. Sutherland and S. L. Jelen, "Contrary to Conventional Wisdom, Street Sweeping Can be an Effective BMP," *J. Water Manag. Model.*, no. June, 1997.
- [12] B. Pitt and S. Clark, "Gutter and Inlet Designs and Multiple Design Objectives," 2007.
- [13] A. Jamshed, J. Birkmann, D. Feldmeyer, and I. A. Rana, "A conceptual framework to understand the dynamics of rural-urban linkages for rural flood vulnerability," *Sustain.*, vol. 12, no. 7, pp. 1–25, 2020.
- [14] M. Zhong, K. Lin, G. Tang, Q. Zhang, Y. Hong, and X. Chen, "A framework to evaluate community resilience to urban floods: A case study in three communities," *Sustain.*, vol. 12, no. 4, pp. 1–20, 2020.

- [15] J. P. Leitão, M. D. C. Almeida, N. E. Simões, and A. Martins, "Methodology for qualitative urban flooding risk assessment," *Water Sci. Technol.*, vol. 68, no. 4, pp. 829–838, 2013.
- [16] I. Escuder-Bueno, J. T. Castillo-Rodriguez, S. Zechner, C. Jöbstl, S. Perales-Momparler, and G. Petaccia, "A quantitative flood risk analysis methodology for urban areas with integration of social research data," *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, vol. 12, no. 9, pp. 2843–2863, 2012.
- [17] G. Barbaro *et al.*, "Innovations in best practices: Approaches to managing urban areas and reducing flood risk in reggio calabria (Italy)," *Sustain.*, vol. 13, no. 6, 2021.
- [18] D. C. Diaconu, R. Costache, and M. C. Popa, "An overview of flood risk analysis methods," *Water (Switzerland)*, vol. 13, no. 4, pp. 1–13, 2021.
- [19] Anonim, "Pedoman Penyediaan Dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Non Hijau Di Wilayah Kota/Kawasan Perkotaan, Lampiran: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 12/Prt/M/2009," 2009.
- [20] A. Guillette and L. A. Professional, "Achieving Sustainable Site Design through Low Impact Development Practices," *Direct*, pp. 2–9, 2010.
- [21] J. Jones, "Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)," in *CIWEM SUDS SYMPOSIUM Part 2*, 2001.
- [22] L. Sedyowati, E. I. Susanti, and A. C. Amalia, "Kajian Model Waktu Aliran Pada Permukaan Paving Blok," in *Seminar Nasional Teknik FST Universitas Nusa Cendana*, 2017.
- [23] APFM, *Integrated Flood Management - Concept Paper*. Associated Programme on Flood Management (APFM), 2009.

- [24] L. Sedyowati and Turijan, "Kajian Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Pengendali Limpasan Permukaan Pada Kawasan Jalan Utama Kota Malang," in *Seminar Nasional Teknologi Terapan (SNTEKPAN)*, 2014.
- [25] L. Sedyowati and E. Suhartanto, "Kajian Pengaruh Sistem Drainase dan Ruang Terbuka Hijau Eksisting Pada Kawasan Ruas Jalan Utama Kota Malang (Suatu Upaya Pengendalian Genangan di Daerah Perkotaan)," *Media Tek. Sipil*, vol. 13, no. 1, pp. 56–63, 2015.
- [26] L. Sedyowati, E. Suhartanto, and D. Harisuseno, "Flow Profile on Urban Road Intersection Based on The Longitudinal Slope," in *Narotama International Conference on Civil Engineering*, 2015.
- [27] L. Sedyowati, G. Chandrarin, G. I. K. Nugraha, and B. Nugroho, "Economic efficiency of community-based flood risk management: An empirical study from Indonesia," *J. Water L. Dev.*, no. No 46, pp. 200–208, 2020.
- [28] I. A. M. Wahyuni, I. M. Weni, and T. Hariyanto, "Community enhancement of the environmental quality of riverbank settlements: A case study of Tridi Kampong , Indonesia," 2021.
- [29] L. Sedyowati, G. Wibisono, and N. Mudjito, "Efektivitas Saluran Drainase dalam Menurunkan Risiko Banjir dan Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat di Dataran Banjir," pp. 171–179, 2015.
- [30] Maija Bertule, L. R. Appelquist, J. Spensley, S. L. M. Trærup, dan P. Naswa, *Climate Change Adaptation Technologies*. UN Environment – DHI, CTCN, UNEP DTU, 2017.

RIWAYAT HIDUP



Dr. Ir. Laksni Sedyowati, MS lahir di Magelang pada tanggal 12 Pebruari 1967. Lulus sebagai Sarjana Teknik Pengairan Universitas Brawijaya pada Tahun 1989. Pada Tahun 1993 memperoleh gelar Magister Sains dalam bidang Teknik Sipil dari Universitas Gadjah Mada. Gelar Doktor Bidang Teknik Sipil diperoleh dari Universitas Brawijaya pada Tahun 2017.

Tahun 1989 adalah awal karir sebagai dosen di Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang. Pada tahun 1995 berkesempatan mengikuti program pertukaran staf di Murdoch University, Perth, Western Australia, selama 3 bulan, untuk mempelajari implementasi *Integrated Catchment Monitoring* dan *Aerial Photo Interpretation*. Pada tahun 2006 mengikuti program pemagangan di Universitas Negeri Malang, selama 3 bulan, dalam rangka pembuatan materi pembelajaran berbasis multimedia. Pada tahun 2007, mengikuti *Training of Trainer on Integrated Water Resources Management* yang diselenggarakan oleh CKNet-INA (Collaborative Knowledge Network Indonesia) dan UNESCO-IHE. Pada Tahun 2009 mengikuti *Short Course on Integrated Riverbasin Management*, di UNESCO-IHE, Delft the Netherlands, selama 1 bulan.

Program penelitian juga banyak dilakukan sejak Tahun 2014 hingga sekarang dengan dana penelitian sebagian besar diperoleh dari program hibah DIKTI, antara lain Program Hibah Bersaing dan Penelitian Terapan Kompetitif Nasional. Penelitian yang dilakukan lebih difokuskan pada permasalahan banjir khususnya di daerah perkotaan dengan menggunakan pendekatan *soft technology* dan pelibatan masyarakat.

Selain sebagai dosen dan peneliti juga aktif berkiprah sebagai narasumber dan instruktur pelatihan dalam bidang *Integrated Water Resources Management* dan *Water Supply and Environmental Sanitation* di Universitas Hasanuddin Makassar, di Politeknik Negeri Manado, di Universitas Merdeka Malang, Aparat Pemerintah Bidang Lingkungan di Jakarta. Kegiatan pelatihan tersebut diselenggarakan atas kerjasama dengan CKNet-Ina dan para dosen dari ITB, UGM, UNDIP, ITS, dan UBINUS. Sepanjang karir sebagai dosen, sejak Tahun 1993 sampai sekarang dipercaya menjabat sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil, Wakil Dekan I, Ketua Pelaksana Program Hibah Kompetensi A2, Kabid. Pengembangan Teknologi Informasi Badan Penjaminan Mutu Universitas Merdeka Malang, dan saat ini mengemban tugas sebagai Wakil Direktur Bidang Akademik di Program Pascasarjana Universitas Merdeka Malang.

