
KOTA TANGGUH IKLIM
DAN
MASA DEPAN
URBANISASI INDONESIA
RUANG AMAN
Tata ruang berbasis risiko
AIR & PESISIR
Kelola banjir, laut, dan daerah tangkapan
KOTA SEJUK
Pohon, teduh, dan perlindungan dari panas
LAYANAN TANGGUH
Jaga air, transportasi, kesehatan, dan energi
ADIL & INKLUSIF
Lindungi warga rentan; libatkan komunitas
Urbanisasi yang tangguh dibangun melalui keputusan hari ini.
Prof Ir Rudy C Tarumingkeng, PhD
www.rudyct.com/cv.pdf
IBM-ASMI | RudyCT Academic Series

Kota Tangguh Iklim dan Masa Depan Urbanisasi Indonesia

Prof Ir Rudy C Tarumingkeng, PhD
www.rudyct.com/cv.pdf

IBM-ASMI* | *RudyCT Academic Series* | *2026

Abstrak

Artikel ini membahas bagaimana kota-kota Indonesia dapat menghadapi perubahan iklim sekaligus mengarahkan urbanisasi menuju kesejahteraan yang inklusif. Kota tangguh iklim dipahami sebagai sistem sosial, ekologis, ekonomi, dan infrastruktur yang mampu mengantisipasi bahaya, mengurangi kerentanan, menjaga layanan penting, pulih secara adil, serta belajar dan berubah ketika kondisi bergeser. Uraian menghubungkan proyeksi urbanisasi, risiko pesisir dan banjir, panas ekstrem, air, permukiman informal, infrastruktur, solusi berbasis alam, tata kelola metropolitan, pembiayaan, dan penggunaan data. Argumen utamanya ialah bahwa ketangguhan tidak dapat dibeli melalui proyek fisik atau teknologi tunggal: ia dibentuk melalui keputusan tata ruang, layanan dasar, perlindungan kelompok rentan, koordinasi lintas wilayah, pendanaan pemeliharaan, dan partisipasi bermakna. Artikel menawarkan kerangka diagnosis dan agenda bertahap menuju 2045 bagi pemerintah pusat dan daerah, pengelola kota, dunia usaha, perguruan tinggi, serta komunitas. Rekomendasinya menempatkan pengurangan risiko dan keadilan sosial sebagai ukuran hasil, sambil mengakui ketidakpastian proyeksi iklim dan variasi kapasitas antarkota.

Kata kunci: ketangguhan iklim; urbanisasi; kota Indonesia; adaptasi; keadilan iklim; tata ruang; infrastruktur; tata kelola perkotaan

1. Kota, perubahan iklim, dan pertanyaan tentang masa depan Indonesia

Kota Indonesia berdiri pada pertemuan antara peluang pembangunan dan risiko iklim. Di dalam kota, kegiatan ekonomi, layanan pendidikan dan kesehatan, jaringan transportasi, administrasi pemerintahan, serta hubungan sosial bertemu dalam ruang yang padat. Konsentrasi itu memungkinkan produktivitas, inovasi, dan pelayanan dalam skala besar. Pada saat yang sama, kepadatan aset dan manusia membuat gangguan pada satu jaringan dapat memengaruhi banyak kegiatan sekaligus. Hujan ekstrem yang menghambat perjalanan dapat mengurangi pendapatan pekerja harian, menunda layanan kesehatan, mengganggu pasokan pangan, dan menekan kegiatan usaha. Gelombang panas dapat meningkatkan risiko kesehatan dan kebutuhan listrik. Banjir pesisir dapat mengganggu rumah tangga, pelabuhan, kawasan industri, dan infrastruktur publik. Dengan demikian, perubahan iklim bukan isu lingkungan yang berada di luar pembangunan kota; ia mengubah syarat-syarat agar pembangunan berlangsung aman dan adil.

Pertanyaan pokok artikel ini adalah bagaimana urbanisasi Indonesia dapat bergerak menuju masa depan yang tangguh terhadap iklim tanpa kehilangan tujuan dasar kota sebagai ruang hidup, mata pencaharian, pelayanan, dan partisipasi. Ketangguhan tidak berarti kota kebal terhadap semua bahaya. Tidak ada desain yang dapat menghapus seluruh risiko, dan ketidakpastian iklim tidak dapat dihilangkan. Kota tangguh ialah kota yang mampu mengenali risiko, mengurangi penyebab kerentanan, menjaga layanan ketika terjadi gangguan, pulih tanpa membebankan biaya tidak proporsional kepada warga miskin, serta belajar dari kejadian dan informasi baru. Ukuran itu mencakup kapasitas fisik, kelembagaan, sosial, dan ekologis. Tangguh juga berarti mampu berubah ketika pola risiko bergeser, bukan sekadar kembali ke keadaan lama yang mungkin telah menciptakan bahaya.

Urbanisasi sering dibingkai sebagai arus penduduk ke kota. Pengertian itu terlalu sempit untuk menjelaskan perubahan yang sedang berlangsung. Urbanisasi meliputi perluasan kawasan terbangun, tumbuhnya wilayah periurban, perubahan mata pencaharian, meningkatnya hubungan kota-desa, dan pembentukan jejaring metropolitan yang melintasi batas administrasi. Karena itu, masa depan kota Indonesia tidak ditentukan hanya oleh jumlah penduduk di pusat kota. Ia juga dipengaruhi oleh pola perumahan di pinggiran, hubungan dengan daerah tangkapan air, konektivitas antara kota besar dan kota menengah, serta kemampuan pemerintah menyelaraskan keputusan pada skala yang tepat. Kota tangguh iklim harus dirancang sebagai bagian dari sistem wilayah, bukan sebagai pulau administratif yang terpisah dari sumber air, pangan, energi, tenaga kerja, dan ekosistem sekitarnya.

Bank Dunia memperkirakan penduduk perkotaan Indonesia berjumlah lebih dari 150 juta orang atau sekitar 56,7 persen populasi pada 2020, dan memproyeksikan jumlahnya menuju sekitar 220 juta atau 70 persen pada 2045. Angka tersebut adalah estimasi dan proyeksi dalam laporan, bukan sensus masa depan yang telah terjadi (World Bank, 2026). Makna kebijakannya bukan bahwa kota harus menahan urbanisasi. Sebaliknya, pertumbuhan penduduk perkotaan akan menambah kebutuhan rumah, mobilitas, air, sanitasi, layanan kesehatan, ruang publik, dan pekerjaan. Jika sistem-sistem itu tumbuh tanpa memperhitungkan risiko iklim, investasi yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan hari ini dapat mengunci paparan dan kerentanan selama puluhan tahun. Perencanaan untuk 2045 perlu mengantisipasi arah perubahan tanpa menganggap proyeksi sebagai kepastian.

Tesis artikel ini adalah bahwa ketangguhan iklim dibentuk melalui pilihan pembangunan sehari-hari: di mana rumah dan infrastruktur ditempatkan, siapa yang memperoleh layanan dasar, bagaimana air dan ruang hijau dikelola, bagaimana investasi dirawat, dan siapa yang memiliki suara dalam keputusan. Pembangunan tanggul atau saluran dapat menjadi bagian dari solusi, tetapi tidak cukup apabila penggunaan lahan terus menambah paparan, penurunan

muka tanah berlanjut, warga berpenghasilan rendah tersisih ke lokasi berbahaya, dan lembaga bekerja tanpa koordinasi. Demikian pula, rencana iklim tidak akan menghasilkan dampak apabila tidak mengubah anggaran, standar proyek, pelayanan, dan insentif. Ketangguhan merupakan hasil dari rangkaian keputusan yang koheren, bukan label yang ditempelkan pada satu proyek atau strategi komunikasi.

Artikel ini bersifat naratif dan konseptual. Ia menyintesis literatur ilmiah, laporan kebijakan, dan contoh persoalan yang relevan bagi kota Indonesia, lalu menerjemahkannya menjadi kerangka tindakan. Ia bukan peringkat kota, pemodelan bahaya lokal, atau evaluasi teknis atas proyek tertentu. Perbedaan topografi, iklim, ekonomi, sejarah pertumbuhan, kapasitas fiskal, serta kondisi sosial membuat rekomendasi perlu disesuaikan. Karena itu, pembaca perlu membedakan prinsip umum yang dapat diterapkan luas dari diagnosis khusus yang membutuhkan data setempat. Dalam setiap kota, penilaian risiko yang terperinci tetap memerlukan informasi spasial dan sosial yang mutakhir, konsultasi warga, serta verifikasi lapangan.

2. Memahami ketangguhan iklim: kemampuan, proses, dan pilihan nilai

Istilah ketangguhan atau resiliensi memiliki banyak definisi. Dalam kajian kota, Meerow, Newell, dan Stults (2016) menunjukkan bahwa konsep ini dapat merujuk pada kemampuan sistem perkotaan menyerap gangguan, beradaptasi, atau bertransformasi sambil mempertahankan fungsi yang dianggap penting. Tiga kata kerja tersebut mengandung pilihan nilai. Menyerap gangguan berarti menjaga fungsi ketika kondisi berubah; beradaptasi berarti menyesuaikan cara kerja; bertransformasi berarti mengubah struktur yang menghasilkan risiko atau ketidakadilan. Kembali ke kondisi sebelum bencana tidak selalu merupakan keberhasilan jika kondisi awal ditandai permukiman tanpa layanan, paparan kronis, atau pengucilan kelompok tertentu. Ketangguhan yang berorientasi keadilan harus

menanyakan fungsi siapa yang dilindungi, siapa yang menanggung gangguan, dan seperti apa masa depan yang ingin dibangun.

Ketangguhan berbeda dari kesiapsiagaan bencana, meskipun keduanya berhubungan. Kesiapsiagaan biasanya berfokus pada tindakan sebelum dan selama peristiwa tertentu: peringatan, evakuasi, logistik, latihan, dan respons darurat. Adaptasi iklim mencakup penyesuaian terhadap risiko iklim yang sedang berubah dan dapat bersifat jangka panjang, seperti memperbarui standar bangunan, menata ulang garis sempadan, atau mengubah tata kelola air. Mitigasi iklim mengurangi emisi gas rumah kaca atau meningkatkan penyerapan karbon. Ketangguhan menghubungkan sebagian unsur tersebut dengan kesinambungan fungsi dan kemampuan belajar. Satu intervensi dapat berkontribusi pada beberapa tujuan sekaligus, tetapi tidak otomatis. Contohnya, penghijauan dapat mengurangi panas dan meningkatkan kenyamanan, namun kontribusi terhadap pengurangan emisi atau ketahanan banjir perlu dibuktikan melalui desain dan pengelolaan yang sesuai.

Risiko iklim dapat dijelaskan sebagai interaksi bahaya, paparan, dan kerentanan, dengan kapasitas adaptif memengaruhi besarnya konsekuensi. Bahaya merujuk pada kemungkinan kejadian atau tren fisik, seperti curah hujan sangat lebat, peningkatan suhu, kekeringan, atau kenaikan muka laut. Paparan berarti manusia, aset, dan kegiatan berada di tempat yang dapat terdampak. Kerentanan menggambarkan kecenderungan mengalami kerugian, yang dipengaruhi kondisi kesehatan, pendapatan, kualitas rumah, akses transportasi, hak atas tanah, jejaring sosial, dan kemampuan memulihkan penghidupan. Kerangka ini penting karena tidak semua kerugian dapat dijelaskan oleh intensitas bahaya. Dampak yang sama dapat dirasakan berbeda oleh rumah tangga dengan tabungan, asuransi, dan akses evakuasi dibandingkan rumah tangga yang hidup dari pendapatan harian dan tidak memiliki alternatif tempat tinggal.

Perbedaan risiko juga hadir di dalam satu kelompok yang tampak seragam. Lansia, anak-anak, ibu hamil, penyandang disabilitas, pekerja luar ruang,

pekerja informal, pendatang baru, dan orang dengan penyakit tertentu dapat menghadapi hambatan yang khas. Kategori tersebut tidak boleh dipakai untuk menganggap orang sebagai kelompok pasif atau serba sama. Pengalaman mereka perlu diketahui melalui keterlibatan langsung, data terpilah yang aman, dan pengamatan terhadap akses layanan. Ketangguhan yang dibangun hanya berdasarkan rata-rata populasi dapat melewatkan warga yang paling membutuhkan perlindungan. Karena itu, analisis risiko perlu menggabungkan peta bahaya dengan informasi sosial serta pemahaman tentang siapa yang dapat berpindah, siapa yang dapat memengaruhi keputusan, dan siapa yang terpaksa bertahan di tempat berisiko.

Ketangguhan juga memerlukan perhatian terhadap risiko residual dan maladaptasi. Risiko residual adalah risiko yang tersisa setelah upaya pengurangan dilakukan. Maladaptasi terjadi ketika tindakan yang dimaksudkan untuk mengatasi perubahan iklim malah meningkatkan risiko, memperdalam kerentanan, atau memindahkan beban ke kelompok dan wilayah lain. Tanggul yang melindungi satu kawasan dapat mengalihkan limpasan atau mendorong pembangunan baru di area yang tetap rentan. Pendingin udara dapat membantu melindungi kesehatan di ruang tertentu, tetapi penggunaan masif dapat menaikkan konsumsi energi dan panas buangan. Relokasi yang tergesa-gesa dapat mengurangi paparan banjir sekaligus memutus pekerjaan, sekolah, dan jejaring sosial. Setiap intervensi perlu diuji terhadap konsekuensi lintas ruang, lintas waktu, dan lintas kelompok.

Kerangka sistem sosial-ekologis membantu melihat bahwa kota bukan sekadar kumpulan aset. Infrastruktur air bergantung pada daerah tangkapan dan tata kelola hulu. Sistem transportasi bergantung pada ruang jalan, energi, komunikasi, dan perilaku pengguna. Permukiman bergantung pada mata pencaharian serta akses sekolah dan layanan kesehatan. Ekosistem pesisir dapat mengurangi energi gelombang sekaligus menopang perikanan dan identitas komunitas. Perubahan pada satu komponen dapat memengaruhi yang lain. Oleh karena itu, diagnosis ketangguhan perlu menelusuri hubungan,

umpan balik, dan titik kegagalan, bukan hanya membuat daftar proyek sektoral. Pendekatan sistem tidak meniadakan kebutuhan keahlian teknis; ia membantu menempatkan keahlian itu dalam gambaran sebab-akibat yang lebih lengkap.

3. Lintasan urbanisasi Indonesia dan geografi kota yang berubah

Pertumbuhan perkotaan Indonesia berlangsung melalui beberapa mekanisme. Migrasi dari desa ke kota tetap penting, tetapi pertumbuhan alami penduduk, perubahan status administratif, ekspansi kawasan terbangun, dan peningkatan keterkaitan antara pusat dan pinggiran juga membentuk angka urbanisasi. Sebagian orang tinggal di wilayah yang secara administratif masih perdesaan, namun bekerja, bersekolah, berbelanja, dan menggunakan layanan di kota terdekat. Sebagian lain berada di kota kecil atau menengah yang tidak selalu terlihat dalam wacana dominan tentang metropolitan besar. Gambaran yang lebih lengkap perlu melihat wilayah fungsional perkotaan dan hubungan sehari-hari, bukan hanya batas kota inti.

Pertumbuhan yang menyebar dapat menghasilkan perjalanan lebih jauh, ketergantungan pada kendaraan bermotor, tekanan pada lahan pertanian, dan kehilangan fungsi ekologis. Tetapi kepadatan tinggi juga dapat menimbulkan beban bila prasarana dan tata ruang tidak memadai. Tidak ada satu angka kepadatan yang otomatis menjadikan kota tangguh. Bentuk ruang yang kompak dapat mengurangi jarak perjalanan dan mendukung angkutan umum jika pekerjaan, rumah, dan layanan terhubung. Namun pembangunan padat di dataran banjir, tepi pantai yang mengalami penurunan muka tanah, atau pulau panas yang minim ruang hijau dapat meningkatkan paparan. Penilaian perlu menautkan kepadatan dengan lokasi, kualitas bangunan, akses layanan, ventilasi, mobilitas, dan kapasitas drainase.

Wilayah metropolitan menjadikan koordinasi lintas batas administrasi semakin penting. Air hujan mengikuti kontur dan daerah aliran sungai, bukan garis kabupaten. Komuter melintasi batas pemerintahan. Jaringan listrik, jalan, air baku, pelabuhan, dan tempat pembuangan dapat melayani beberapa

yurisdiksi. Jika pemerintah mengoptimalkan kebijakan hanya untuk wilayahnya sendiri, dampak dapat muncul di wilayah tetangga. Pembangunan perumahan di hulu, misalnya, dapat mengubah limpasan yang diterima kawasan hilir. Pengelolaan bersama perlu memiliki mekanisme keputusan, pembagian biaya, pertukaran data, dan penyelesaian sengketa. Forum koordinasi tanpa kewenangan dan sumber daya yang jelas berisiko menjadi tempat pertukaran informasi saja.

Kota menengah dan kota kecil merupakan bagian penting dari masa depan urbanisasi. Kota-kota tersebut dapat menjadi simpul layanan, pendidikan, pengolahan hasil, dan konektivitas bagi kawasan luas. Mereka mungkin menghadapi tantangan kapasitas teknis, data, dan pembiayaan yang berbeda dari metropolitan. OECD dan UN-Habitat (2022) menyoroti pentingnya kota perantara dalam pembangunan berkelanjutan sekaligus keterbatasan pengetahuan dan sumber daya yang dihadapi pemerintah lokal. Pendekatan yang menyalin model kota besar bisa tidak sesuai. Sebaliknya, perencanaan regional dapat membantu kota menengah mengantisipasi ekspansi, mengamankan ruang air, dan mengembangkan layanan sebelum pola pertumbuhan mengunci pilihan yang lebih mahal.

Perubahan iklim dapat mengubah daya tarik dan kelayakan lokasi. Risiko banjir pesisir, panas, kekurangan air, atau gangguan produksi dapat memengaruhi nilai properti, biaya operasi, keputusan rumah tangga, dan investasi perusahaan. Namun perpindahan penduduk tidak semata-mata ditentukan iklim. Pekerjaan, pendidikan, jaringan keluarga, kebijakan perumahan, dan akses tanah berpengaruh kuat. Karena itu, migrasi yang berkaitan dengan iklim perlu dipahami tanpa menyederhanakan orang sebagai "pengungsi iklim" yang bergerak langsung akibat satu bahaya. Banyak perpindahan bersifat bertahap, sementara sebagian besar warga yang terpapar memilih atau terpaksa tetap tinggal. Perencanaan kota harus mempersiapkan kebutuhan penduduk yang datang maupun mereka yang ingin bertahan dengan aman.

Urbanisasi yang dikelola baik dapat memperluas akses layanan, meningkatkan peluang kerja, dan mendorong penggunaan sumber daya yang lebih efisien. Potensi tersebut tidak muncul secara otomatis. Investasi publik, pasar tanah, dan kebijakan perumahan membentuk siapa yang dapat tinggal dekat pekerjaan dan layanan. Jika biaya perumahan pusat meningkat tanpa pilihan terjangkau, pekerja dapat terdorong ke pinggiran dengan perjalanan mahal. Jika perluasan jaringan air tertinggal dari pembangunan rumah, risiko kesehatan dan pencemaran meningkat. Jika ruang terbuka dianggap lahan cadangan untuk konstruksi, kota kehilangan infrastruktur ekologisnya. Pilihan tata kelola urbanisasi karena itu juga merupakan pilihan kebijakan iklim dan distribusi kesempatan.

4. Lanskap bahaya: iklim, geologi, dan risiko berantai

Indonesia menghadapi beragam bahaya hidrometeorologi dan iklim yang berbeda menurut wilayah serta musim. Hujan lebat, banjir sungai, genangan perkotaan, longsor yang dipicu hujan, kekeringan, kebakaran lahan, gelombang panas, dan dampak pesisir dapat berinteraksi dengan karakter topografi serta perubahan penggunaan lahan. Kota kepulauan juga terhubung dengan dinamika laut dan logistik antarpulau. Di beberapa wilayah, periode kering dan hujan ekstrem dapat menjadi tekanan pada waktu yang berbeda dalam satu tahun. Perencanaan yang hanya menggunakan rata-rata tahunan dapat menutupi perubahan puncak, durasi, frekuensi, dan distribusi bahaya yang paling memengaruhi sistem layanan.

Penting untuk membedakan bahaya iklim dari bahaya geofisik, sambil mengenali interaksinya. Gempa bumi, tsunami, dan aktivitas vulkanik tidak disebabkan oleh perubahan iklim. Namun perubahan iklim dapat memengaruhi kondisi kesiapsiagaan, akses evakuasi, ketahanan bangunan, dan beban layanan ketika bahaya-bahaya tersebut terjadi. Hujan dapat memicu longsor di wilayah dengan kondisi geologi tertentu; kenaikan muka laut dapat memperburuk konsekuensi gelombang badai; suhu ekstrem dapat

menghambat respons darurat. Kerangka multi-bahaya membantu menghindari pandangan sektoral, tetapi penyebab fisik tetap perlu dibedakan agar kebijakan dan komunikasi tidak mencampuradukkan proses yang berlainan.

Risiko berantai dapat muncul melalui jaringan yang saling bergantung. Banjir di gardu listrik atau jalur distribusi dapat mengganggu pasokan energi. Gangguan listrik dapat memengaruhi pompa air, komunikasi, fasilitas kesehatan, dan sistem pembayaran. Banjir jalan dapat menghambat petugas mencapai titik gangguan, sementara jaringan komunikasi yang turun menyulitkan koordinasi. Ketika beberapa sistem gagal bersamaan, dampak bisa jauh melebihi kerusakan langsung pada satu aset. Analisis interdependensi perlu mengidentifikasi fungsi kritis, titik kegagalan bersama, pemasok utama, dan alternatif operasi. Sistem yang tampak beragam dapat ternyata bergantung pada satu pusat kendali, satu jalur transportasi, atau satu sumber listrik.

Pemanasan global meningkatkan urgensi pembaruan perencanaan, tetapi keputusan lokal harus berangkat dari data dan rentang skenario yang relevan. Proyeksi iklim memiliki ketidakpastian akibat emisi masa depan, model, skala, dan variabilitas alam. Ketidakpastian bukan alasan menunda tindakan yang jelas manfaatnya, seperti memperbaiki pemeliharaan drainase, melindungi kawasan resapan, atau memperluas peringatan dini. Ia menjadi alasan untuk menghindari ketergantungan pada satu angka tunggal, menguji ketahanan keputusan di beberapa skenario, dan meninjau rencana secara berkala. Perencanaan adaptif mencari pilihan yang berfungsi dalam berbagai kemungkinan serta menentukan pemicu kapan pilihan tambahan perlu diambil.

Bahaya juga berubah seiring pembangunan. Penimbunan lahan, pengurangan vegetasi, penyempitan sungai, ekstraksi air tanah, peningkatan permukaan kedap, dan pembangunan di zona rentan dapat mengubah besarnya paparan dan kerentanan. Karena itu, catatan kejadian masa lalu tidak selalu menjadi panduan lengkap untuk masa depan. Infrastruktur yang dirancang berdasarkan data historis mungkin tidak memadai jika kondisi melampaui rentang desain,

sementara perubahan sosial dapat membuat dampak satu kejadian lebih besar. Sistem pengelolaan risiko perlu menggabungkan rekaman masa lalu, pengamatan kini, proyeksi, pengalaman warga, dan pemantauan perubahan tata guna lahan.

Kota tidak berdiri sendiri dalam menghadapi risiko. Daerah hulu dapat mengalami perubahan tutupan lahan yang mempercepat limpasan. Perubahan produksi pangan dapat memengaruhi harga dan ketersediaan di pasar kota. Gangguan pada pelabuhan atau koridor jalan dapat menimbulkan kelangkaan barang. Krisis air di satu daerah dapat memperbesar perpindahan atau persaingan sumber daya di tempat lain. Sudut pandang regional membantu mengidentifikasi dampak tidak langsung yang tidak terlihat pada peta batas kota. Kemitraan antarwilayah perlu menghubungkan penataan ruang, pemantauan, pembiayaan, dan rencana kontinjensi pada skala bentang alam dan sistem ekonomi yang sesuai.

5. Kota pesisir, kenaikan muka laut, dan penurunan muka tanah

Kawasan pesisir merupakan ruang ekonomi, ekologi, budaya, dan tempat tinggal. Pelabuhan, perikanan, pariwisata, industri, pasar, permukiman, dan lahan basah dapat berada berdekatan. Kedekatan itu memberi manfaat konektivitas tetapi juga membuat banyak fungsi terpapar banjir pesisir, abrasi, intrusi air asin, gelombang tinggi, dan perubahan garis pantai. Kenaikan muka laut meningkatkan kondisi latar bagi sebagian bahaya pesisir, sementara gelombang, pasang, badai, kondisi sedimen, dan karakter pantai memengaruhi dampak setempat. Analisis kota pesisir perlu menilai kombinasi proses tersebut, bukan menggunakan istilah “kenaikan laut” sebagai penjelasan tunggal bagi semua genangan.

Penurunan muka tanah adalah proses geologis atau antropogenik yang harus dipisahkan secara analitis dari kenaikan muka laut, meskipun keduanya dapat memperbesar genangan relatif terhadap daratan. Ekstraksi air tanah yang tidak berkelanjutan merupakan salah satu faktor yang dapat berkontribusi di

sejumlah kawasan, bersama kompresi sedimen dan beban pembangunan; faktor penyebab harus diperiksa secara lokal. Pengendalian pengambilan air, penyediaan alternatif air perpipaan yang andal, pemantauan geodetik, dan penegakan aturan dapat menjadi bagian dari solusi. Tanpa pengelolaan sumber air yang kredibel, pembatasan penggunaan air tanah dapat berdampak tidak adil pada rumah tangga dan usaha kecil yang tidak memiliki akses jaringan.

Pilihan perlindungan pesisir mencakup infrastruktur keras, pemulihan ekosistem, pengaturan penggunaan lahan, peningkatan kesiapsiagaan, pengurangan paparan, dan pada kondisi tertentu relokasi bertahap. Tidak semua pendekatan sesuai pada semua lokasi. Tanggul, pintu air, pompa, dan peninggian jalan dapat melindungi fungsi tertentu apabila desain, operasi, dan pemeliharaan memadai. Namun perlindungan struktural dapat menimbulkan rasa aman yang keliru, menambah risiko apabila gagal, atau mendorong pembangunan baru di belakang struktur. Sistem harus mempertimbangkan drainase internal, kebutuhan energi, sedimentasi, korosi, jalur evakuasi, dan skenario kegagalan. Infrastruktur perlindungan harus disertai tata ruang yang mencegah pertumbuhan paparan.

Ekosistem pesisir seperti mangrove, rawa, padang lamun, dan muara dapat memberi fungsi penyangga serta manfaat penghidupan dan keanekaragaman hayati. Kinerja perlindungan bergantung pada lebar, kondisi, jenis pantai, sedimentasi, hidrodinamika, dan ruang untuk migrasi habitat. Menanam pohon saja tidak menjamin ekosistem pulih. Upaya rehabilitasi memerlukan pemahaman penyebab degradasi, hidrologi, hak kelola, pemanfaatan lokal, serta pemeliharaan jangka panjang. Solusi berbasis alam tidak selalu menggantikan perlindungan teknik; kombinasi dapat dibutuhkan. Prinsip pentingnya ialah menilai fungsi ekosistem secara nyata, menghormati hak masyarakat pesisir, serta mencegah proyek yang mengubah mata pencaharian tanpa proses dan kompensasi yang layak.

Adaptasi pesisir harus menyediakan spektrum pilihan yang transparan. Perlindungan, akomodasi, penyesuaian bangunan, zonasi, pembatasan pembangunan, dan relokasi bukan keputusan biner yang dapat dipukul rata. Rumah tangga mungkin membutuhkan kepastian mengenai masa depan lahan, layanan, kompensasi, akses kerja, dan waktu transisi. Proses relokasi yang adil memerlukan partisipasi sejak perumusan, pengakuan atas hak formal maupun penguasaan de facto, pilihan lokasi yang terhubung dengan pekerjaan dan layanan, serta mekanisme keberatan. Jika warga hanya dipindahkan tanpa memulihkan sumber nafkah dan jaringan sosial, risiko sosial dapat berpindah ke lokasi baru walaupun rumah tidak lagi tergenang.

Kota-kota di pantai utara Jawa sering dibahas karena menghadapi kombinasi bahaya pesisir, urbanisasi, dan dinamika tanah. Studi Semarang menunjukkan bahwa ukuran keberhasilan adaptasi perlu menilai praktik yang berjalan dan kinerjanya dalam konteks lokal, bukan sekadar menginventarisasi program (Wijaya, 2015). Pembelajaran dari kasus-kasus tersebut tidak boleh dipindahkan mentah-mentah ke kota pesisir lain. Kondisi tanah, sumber air, ekonomi lokal, tata kelola lahan, dan konfigurasi pelabuhan berbeda. Perbandingan berguna untuk mengidentifikasi pertanyaan dan mekanisme yang dapat diuji, sementara pilihan teknis perlu didukung kajian hidrologi, geoteknik, sosial, dan ekonomi yang spesifik.

6. Banjir sungai, hujan ekstrem, dan rancangan ruang air

Banjir perkotaan dapat berasal dari limpasan hujan lokal, luapan sungai, pasang, kegagalan saluran, atau kombinasi beberapa proses. Bentuk genangan, durasi, kedalaman, kecepatan, kualitas air, dan peringatan menentukan besarnya dampak. Hujan yang turun dalam waktu singkat dapat membebani drainase, sementara hujan berkepanjangan dapat memenuhi sungai dan tanah. Saluran yang berfungsi baik di satu wilayah dapat membawa air lebih cepat ke wilayah hilir. Penanganan perlu melihat daerah aliran dan jaringan drainase

secara menyeluruh, termasuk hambatan aliran, kapasitas pemompaan, pemeliharaan, dan perilaku pembangunan di sepanjang koridor air.

Permukaan kedap seperti atap, jalan, dan pelataran mengurangi infiltrasi dan dapat mempercepat limpasan. Pengembangan kota yang menutup rawa, dataran banjir, dan ruang retensi menghilangkan tempat penyimpanan air. Sebaliknya, kebijakan yang memberi ruang pada sungai, memperluas tampungan, meningkatkan infiltrasi yang aman, dan mengelola limpasan di sumbernya dapat melengkapi sistem drainase. Konsep kota spons sering dipakai untuk menggambarkan upaya menahan, menyerap, menyimpan, dan menggunakan air hujan. Prinsipnya perlu diterjemahkan ke kondisi tanah, ruang, kontaminasi, dan pemeliharaan setempat; fitur resapan tidak boleh dibangun tanpa memastikan keamanan air tanah dan kapasitas infiltrasi.

Infrastruktur abu-abu tetap penting. Saluran, kolam retensi, pintu air, pompa, tanggul sungai, dan gorong-gorong merupakan bagian dari sistem perkotaan. Masalah muncul ketika kapasitas desain tidak sesuai kondisi baru, aset tidak dirawat, sampah menyumbat aliran, atau satu solusi menambah beban di tempat lain. Audit aset perlu memetakan kondisi, pemilik, fungsi, kapasitas, dan jadwal pemeliharaan. Operasi pompa harus memiliki pasokan energi cadangan, prosedur ketika sensor gagal, dan akses bagi tim teknis. Manajemen banjir bukan hanya pembangunan awal; biaya operasi dan pemeliharaan menentukan apakah perlindungan tetap tersedia setelah proyek selesai.

Rencana tata ruang perlu menempatkan air sebagai struktur pembentuk kota. Koridor sungai dan rawa dapat berfungsi sebagai ruang ekologis, retensi, rekreasi, dan akses warga. Garis sempadan harus didasarkan pada kondisi hidrologi dan risiko, bukan semata-mata batas administratif. Peta risiko perlu memengaruhi izin, intensitas pembangunan, standar lantai, jalur evakuasi, dan prasarana dasar. Jika kawasan terbangun berisiko tinggi telah ada, pilihan penanganan dapat mencakup peningkatan drainase dan rumah, perlindungan layanan, pengurangan kepadatan baru, pembelian lahan yang dinegosiasikan,

atau relokasi dengan perlindungan sosial. Tiap pilihan membutuhkan alasan dan proses yang terbuka.

Banjir berulang kerap dihadapi rumah tangga melalui strategi mandiri: menaikkan lantai, membuat tanggul kecil, memindahkan barang, atau mengubah jam kerja. Pengetahuan tersebut menunjukkan kemampuan lokal sekaligus adanya biaya adaptasi yang ditanggung warga. Pemerintah dapat mengidentifikasi solusi yang efektif melalui dialog dan pengamatan, kemudian memperluasnya dengan dukungan teknis. Namun penyesuaian rumah tangga tidak boleh dijadikan alasan untuk mengalihkan tanggung jawab publik. Apabila setiap keluarga harus membangun perlindungan sendiri, mutu perlindungan akan berbeda menurut pendapatan dan dapat memperburuk kondisi tetangga. Infrastruktur kolektif dan layanan tanggap perlu menjadi bagian dari kewajiban pemerintah.

Peringatan dini banjir efektif apabila informasi dapat dipahami, dipercaya, dan ditindaklanjuti. Sistem yang hanya mengirim pesan tanpa menyampaikan lokasi aman, jalur, waktu yang tersedia, kebutuhan kelompok rentan, atau dukungan evakuasi belum lengkap. Komunitas perlu berperan dalam merancang bahasa dan saluran peringatan, termasuk pengeras suara, pesan seluler, radio lokal, petugas lingkungan, dan layanan untuk penyandang disabilitas. Latihan perlu memasukkan skenario kegagalan jaringan. Data pengamatan warga dapat memperkaya pemantauan, tetapi prosedur verifikasi dan perlindungan privasi tetap dibutuhkan. Pembelajaran setelah kejadian harus memperbarui ambang peringatan, peta, dan rencana.

7. Panas perkotaan, kesehatan, dan kenyamanan hidup

Panas merupakan risiko perkotaan yang dapat berlangsung secara perlahan namun berdampak luas. Permukaan bangunan dan jalan menyerap serta melepas panas, vegetasi yang terbatas mengurangi peneduhan dan pendinginan evaporatif, dan panas buangan kendaraan maupun peralatan menambah beban lokal. Efek pulau panas perkotaan dapat membuat kondisi

di kota berbeda dari daerah sekitarnya. Paparan panas tidak hanya terjadi saat gelombang panas formal. Hari-hari panas berulang, malam yang tidak cukup sejuk, kelembapan tinggi, dan ruang kerja yang kurang ventilasi dapat memengaruhi kesehatan, tidur, pembelajaran, serta produktivitas. Pengukuran suhu udara, suhu permukaan, kelembapan, dan pengalaman manusia menjawab pertanyaan berbeda sehingga tidak seharusnya dianggap saling menggantikan.

Kerentanan terhadap panas dipengaruhi usia, kesehatan, obat-obatan, kualitas perumahan, akses air, pekerjaan, dan kemampuan mengatur waktu. Pekerja konstruksi, pengemudi, pedagang, petugas kebersihan, pekerja pertanian periurban, dan pelaku ekonomi jalanan dapat terpapar dalam durasi lama. Anak-anak dan lansia mungkin memiliki kemampuan termoregulasi yang berbeda. Rumah dengan atap yang menyerap panas, ventilasi buruk, dan kepadatan tinggi dapat menahan panas pada malam hari. Karena itu, kampanye menyarankan warga tinggal di dalam ruangan tidak relevan bagi orang yang bekerja di ruang terbuka atau tinggal di hunian yang justru lebih panas. Kebijakan harus menyediakan pilihan perlindungan yang dapat digunakan dan tidak mengurangi penghasilan secara tidak proporsional.

Rencana panas dapat mencakup sistem peringatan, protokol kesehatan, tempat teduh publik, titik akses air minum, penyesuaian jam kerja, standar keselamatan kerja, rencana sekolah, dan komunikasi yang menjangkau bahasa serta saluran berbeda. Fasilitas kesehatan memerlukan kesiapan menghadapi peningkatan kasus terkait panas dan gangguan yang menyertai. Pemerintah dapat memprioritaskan kawasan dengan kombinasi suhu tinggi, kepadatan penduduk, kemiskinan, dan keterbatasan vegetasi. Namun peta suhu permukaan tidak memberi informasi lengkap tentang kemampuan rumah tangga untuk mendinginkan diri, akses ke fasilitas, atau penyakit penyerta. Pemetaan perlu dilengkapi survei sosial, catatan kesehatan yang dianonimkan, dan pengamatan langsung.

Penanaman pohon, kanopi, taman, koridor hijau, atap sejuk, permukaan reflektif, ventilasi alami, dan bentuk jalan yang mendukung aliran udara dapat mengurangi paparan panas jika dirancang dengan baik. Pohon memberi keteduhan yang tidak dapat sepenuhnya digantikan oleh permukaan hijau yang jauh dari jalur pejalan kaki. Pemilihan jenis perlu mempertimbangkan iklim, akar, kebutuhan air, alergi, keselamatan, dan pemeliharaan. Intervensi harus disebar merata, bukan hanya di pusat komersial atau taman ikonik. Tanaman muda membutuhkan perawatan dan waktu untuk tumbuh. Penggunaan permukaan reflektif juga perlu menilai silau dan panas yang dipantulkan ke pejalan kaki. Desain berbasis bukti menggabungkan kenyamanan mikroklimat dengan penggunaan ruang sehari-hari.

Penelitian Perdinan et al. (2026) mengembangkan prioritas vegetasi untuk adaptasi panas di Jakarta dengan menggabungkan data suhu permukaan, defisit vegetasi, intensitas kawasan terbangun, dan kepadatan penduduk. Studi tersebut menemukan intensitas kawasan terbangun sebagai asosiasi terstandar terkuat dengan suhu permukaan, sementara defisit vegetasi memberi kontribusi independen. Prioritas wilayah relatif stabil dalam beberapa pengujian sensitivitas. Temuan ini dapat membantu penentuan area intervensi, tetapi penulis juga menekankan keterbatasan: diagnostik bersifat dua dimensi, menggunakan komposit periode tertentu, tidak mencakup seluruh dinamika suhu ekstrem dan variasi diurnal maupun antartahun, serta belum sepenuhnya menangkap kerentanan sosial ekonomi. Karena itu, analisis satelit sebaiknya menjadi satu lapisan dalam keputusan, bukan pengganti kajian kesehatan dan partisipasi warga.

Kebijakan pendinginan perlu menghindari solusi yang menciptakan ketergantungan energi tanpa mempertimbangkan sumber listrik, biaya rumah tangga, dan ketimpangan akses. Pendingin udara dapat menyelamatkan nyawa dan meningkatkan kenyamanan pada kondisi tertentu, terutama bagi kelompok berisiko, tetapi kebutuhan listrik puncak dan panas buangan dapat meningkat jika perencanaan bangunan buruk. Prioritasnya adalah mengurangi

panas pasif melalui peneduhan, ventilasi, desain bangunan, material yang sesuai, ruang publik, dan pengelolaan energi, sambil memastikan akses pendinginan yang aman bagi mereka yang paling membutuhkan. Tidak ada satu intervensi tunggal; strategi yang adil mengombinasikan desain kawasan, standar bangunan, layanan kesehatan, perlindungan pekerja, dan dukungan sosial.

8. Air perkotaan, kekeringan, dan keamanan layanan dasar

Ketahanan air perkotaan mencakup ketersediaan, mutu, keterjangkauan, dan keandalan distribusi. Kota mengambil air dari sumber yang sering berada di luar batas administrasinya: sungai, waduk, mata air, air tanah, atau jaringan regional. Perubahan hujan, kekeringan, pencemaran, pertumbuhan penduduk, dan persaingan pemanfaatan dapat memperketat pasokan. Gangguan air memengaruhi rumah tangga, rumah sakit, sekolah, usaha pangan, pemadam kebakaran, dan sanitasi. Infrastruktur produksi tidak cukup jika jaringan kehilangan air, tekanan tidak stabil, atau biaya sambungan membuat rumah tangga berpendapatan rendah bergantung pada sumber mahal dan tidak aman.

Pengelolaan air perlu menghubungkan konservasi sumber, pengendalian pencemaran, efisiensi jaringan, perlindungan daerah tangkapan, penggunaan ulang, pengisian air tanah yang aman, serta perencanaan kebutuhan. Penggunaan ulang air dapat mengurangi tekanan pada sumber air baku untuk kegiatan tertentu apabila mutu dan pengawasan memadai. Pengisian air tanah harus mempertimbangkan kondisi hidrogeologi dan risiko kontaminasi. Kebijakan tarif dapat mendukung efisiensi sekaligus menjamin kebutuhan dasar terjangkau. Instrumen harga saja tidak menyelesaikan masalah ketika pelanggan tidak memiliki pilihan sumber atau layanan yang andal. Keputusan perlu memperhitungkan dampak ke rumah tangga, kegiatan usaha kecil, dan wilayah hulu.

Kekeringan perkotaan dapat berkembang melalui akumulasi beberapa tekanan: musim kering, menurunnya aliran, penggunaan berlebih, degradasi daerah tangkapan, dan gangguan pada fasilitas. Rencana kontinjensi perlu menetapkan indikator pemicu, prioritas penggunaan, komunikasi alokasi, dukungan untuk kelompok rentan, dan cara menghindari konflik. Industri dan institusi besar dapat menyusun rencana pengelolaan permintaan; rumah sakit dan fasilitas layanan kritis membutuhkan pasokan alternatif. Pemerintah harus menghindari distribusi darurat yang bergantung pada kedekatan politik atau kemampuan membayar. Transparansi data pasokan dan kriteria pembagian membantu mengurangi ketidakpercayaan ketika pembatasan diperlukan.

Air hujan dapat diperlakukan sebagai sumber sekaligus risiko. Panen air hujan di bangunan dapat mendukung kebutuhan nonminum dan mengurangi limpasan, tergantung mutu, desain tangki, serta pemeliharaan. Ruang terbuka dan lahan basah dapat memperlambat aliran dan membantu kualitas air. Namun setiap solusi memerlukan tata kelola: siapa yang memelihara, bagaimana memastikan keselamatan, siapa memperoleh manfaat, dan bagaimana sistem berfungsi pada musim berbeda. Proyek percontohan yang tidak memiliki pemilik setelah masa pendanaan dapat kehilangan fungsi. Anggaran operasi, pelatihan operator, dan kejelasan tanggung jawab perlu ditetapkan sejak tahap desain.

Keamanan air juga memiliki dimensi lintas wilayah. Kota dapat bergantung pada daerah tangkapan yang berada di kabupaten lain, sementara masyarakat hulu menanggung perubahan tata guna lahan atau pembatasan akses. Kemitraan hulu-hilir memerlukan pembagian manfaat yang transparan, pemantauan bersama, dan mekanisme yang mengakui hak serta mata pencaharian komunitas. Pembayaran jasa lingkungan dapat menjadi salah satu instrumen, tetapi harus menghindari pengalihan tanggung jawab perusahaan atau pemerintah kepada warga hulu tanpa kewenangan dan kompensasi yang memadai. Ketahanan air yang berkeadilan memandang daerah tangkapan

sebagai bagian dari sistem pelayanan kota dan mengakui kontribusi pengelolanya.

Keterhubungan air dan sanitasi menjadi semakin terlihat saat banjir dan kekeringan. Genangan dapat mencemari sumur dan merusak fasilitas sanitasi, sementara kekeringan mengurangi air untuk kebersihan. Rumah tangga informal dapat menghadapi risiko lebih tinggi karena tidak memiliki sambungan aman atau pengelolaan limbah yang memadai. Kebijakan iklim perlu mengintegrasikan air minum, sanitasi, drainase, pengelolaan limbah, dan kesehatan lingkungan. Standar layanan harus menilai keandalan dan keamanan, bukan hanya jumlah infrastruktur. Respon darurat juga perlu menyediakan informasi mutu air, distribusi yang dapat diakses, serta sarana sanitasi yang aman bagi perempuan, anak-anak, lansia, dan penyandang disabilitas.

9. Tata ruang, perumahan, dan pertumbuhan periurban

Tata ruang merupakan salah satu alat adaptasi paling kuat karena menentukan investasi dan kegiatan apa yang diizinkan pada suatu tempat. Peta bahaya dan kerentanan perlu diintegrasikan dengan rencana struktur ruang, pola ruang, izin, standar bangunan, dan program infrastruktur. Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang menempatkan keterpaduan, keberlanjutan, partisipasi, serta hubungan dengan penanggulangan bencana sebagai bagian dari kerangka penataan ruang (Republik Indonesia, 2007). Implementasi memerlukan data yang cukup rinci, konsistensi antara rencana dan keputusan izin, kapasitas penegakan, serta proses revisi ketika bukti berubah. Peta yang tersedia tetapi tidak memengaruhi keputusan pembangunan hanya memberi perlindungan simbolik.

Perluasan periurban kerap terjadi lebih cepat daripada penyediaan transportasi umum, drainase, air, sekolah, dan layanan kesehatan. Lahan yang dianggap murah dapat berlokasi jauh dari pekerjaan atau berada di kawasan rawan. Rumah tangga kemudian menanggung biaya perjalanan, kehilangan waktu,

dan paparan. Pertumbuhan yang terarah dapat menghubungkan perumahan dengan pusat kegiatan, angkutan umum, dan layanan dasar. Namun strategi pemadatan tidak boleh hanya meningkatkan harga lahan dan menggusur penghuni berpenghasilan rendah. Instrumen perumahan terjangkau, perlindungan penyewa, pengendalian spekulasi, dan penyediaan ruang publik perlu menyertai perubahan intensitas bangunan.

Perumahan tangguh melibatkan mutu konstruksi, ventilasi, kenyamanan termal, elevasi, bahan, akses evakuasi, ketersediaan air, dan kepastian layanan. Renovasi kecil dapat memberi pengaruh besar bagi keselamatan dan kesehatan, tetapi biaya perbaikan dapat membebani rumah tangga. Program peningkatan kampung yang berangkat dari kebutuhan penghuni dapat mengintegrasikan jalan lingkungan, drainase, air, sanitasi, ruang bersama, dan akses pemadam. Dukungan teknis serta pendanaan harus menghormati struktur komunitas dan hak tinggal. Peningkatan kualitas fisik perlu dilindungi dari kenaikan harga mendadak yang membuat warga lama tersingkir setelah lingkungan menjadi lebih menarik bagi investor.

Kawasan yang sangat berisiko memerlukan keputusan jangka panjang yang sulit. Larangan membangun baru dapat mengurangi paparan, tetapi jika tidak disertai pilihan perumahan dan layanan, kebijakan dapat membuat warga tanpa hak formal semakin tidak aman. Relokasi dapat tepat ketika risiko tidak dapat dikurangi pada tingkat yang dapat diterima, namun harus menjadi keputusan yang transparan, terencana, dan berorientasi pada pemulihan kesejahteraan. Penetapan prioritas perlu menggunakan bukti bahaya, pilihan alternatif, biaya sosial, perlindungan hak, dan suara masyarakat. Pengosongan paksa bukan pengganti perencanaan. Kebijakan adaptasi perlu menjelaskan siapa yang berwenang, siapa membiayai, bagaimana kompensasi ditentukan, dan bagaimana pengaduan ditangani.

Perencanaan perlu mempertimbangkan keterjangkauan dan aksesibilitas sepanjang siklus hidup. Rumah tangga dengan anak, lansia, atau anggota penyandang disabilitas membutuhkan desain dan jaringan layanan yang dapat

digunakan secara mandiri. Jalur evakuasi tidak hanya harus ada di peta, tetapi juga dapat dilalui dengan kondisi nyata. Pusat pengungsian perlu memperhatikan keamanan, privasi, air bersih, kesehatan reproduksi, dan keberlangsungan sekolah. Lokasi baru yang jauh dari mata pencaharian dapat meningkatkan kemiskinan meskipun rumahnya lebih aman. Indikator perumahan tangguh karena itu harus menilai keselamatan, biaya hidup, konektivitas, kepastian bermukim, dan kemampuan warga berpartisipasi.

Penataan ruang juga berhubungan dengan perlindungan lahan produktif dan ruang ekologis. Kawasan resapan, koridor sungai, hutan kota, lahan basah, kebun dan sawah periurban dapat menyediakan fungsi yang nilainya tidak selalu tercermin dalam harga pasar. Pengendalian konversi memerlukan insentif dan penegakan, serta alternatif mata pencaharian bagi masyarakat. Mengandalkan larangan tanpa dukungan ekonomi dapat menimbulkan konflik dan pelanggaran. Perencanaan regional dapat mengidentifikasi kawasan yang perlu dilindungi, lokasi pertumbuhan yang lebih aman, dan infrastruktur yang perlu dibangun bersama. Hubungan antara pola ruang dan risiko perlu dijelaskan kepada publik agar keputusan pembatasan dapat dipahami dan diawasi.

10. Permukiman informal, keadilan iklim, dan hak untuk bertahan

Permukiman informal sering berkembang karena ketidakmampuan pasar dan kebijakan menyediakan hunian terjangkau dekat peluang kerja. Penghuninya tidak homogen: ada pekerja dengan berbagai profesi, pendatang, keluarga lama, penyewa, pemilik bangunan, perempuan kepala keluarga, dan warga dengan kondisi kesehatan yang berbeda. Sebagian lokasi berada di bantaran sungai, pesisir, lereng, atau lahan dengan layanan terbatas. Menggambarkan permukiman informal semata sebagai masalah ketertiban mengabaikan mekanisme pasar tanah, akses pekerjaan, serta pilihan kebijakan perumahan. Kebijakan ketangguhan yang efektif harus memahami kebutuhan dan

pengetahuan warga, bukan menganggap mereka sebagai penyebab tunggal kerentanan.

Satterthwaite et al. (2020) menekankan bahwa membangun ketangguhan di permukiman informal memerlukan penguatan kemampuan komunitas sekaligus perubahan kondisi struktural yang membatasi mereka. Perbaikan drainase, akses air dan sanitasi, jalur darurat, pengelolaan sampah, penguatan rumah, ruang teduh, dan informasi risiko dapat memberi hasil langsung. Namun langkah-langkah tersebut perlu berjalan bersama kepastian bermukim, akses pembiayaan, layanan sosial, dan keterlibatan komunitas dalam keputusan. Organisasi lokal sering menjadi penghubung penting saat krisis, tetapi tidak seharusnya dibebani tanggung jawab tanpa sumber daya. Pemerintah perlu menyediakan dukungan teknis, anggaran, dan perlindungan keselamatan bagi para relawan.

Keadilan iklim mencakup tiga pertanyaan. Pertama, siapa yang menerima manfaat dan menanggung kerugian dari kebijakan? Kedua, siapa yang dapat berbicara dan memengaruhi keputusan? Ketiga, apakah proses mengakui pengalaman, pengetahuan, hak, dan identitas kelompok berbeda? Ketiganya berkaitan. Program peningkatan ruang publik dapat memberi manfaat besar, tetapi sekaligus menaikkan harga sewa dan mendorong penggusuran. Proyek perlindungan dapat mengurangi banjir di pusat kota tetapi memindahkan limpasan ke komunitas lain. Peta berbasis citra dapat mengidentifikasi rumah yang dianggap berisiko tanpa memahami fungsi ekonomi dan sosial ruang. Penilaian distribusi dan prosedural membantu mengungkap konsekuensi yang tersembunyi di balik klaim manfaat umum.

Partisipasi bermakna memerlukan lebih dari sosialisasi setelah pilihan utama ditentukan. Warga perlu terlibat ketika masalah dirumuskan, pilihan dibandingkan, lokasi ditetapkan, risiko dinilai, dan pemantauan dilakukan. Informasi harus disampaikan dalam bahasa yang dapat dipahami, pada waktu dan saluran yang dapat dijangkau. Perempuan, penyandang disabilitas, penyewa, pekerja informal, kelompok adat, dan penduduk yang tidak memiliki

dokumen formal sering membutuhkan cara keterlibatan yang berbeda. Pemerintah perlu menjelaskan bagaimana masukan dipertimbangkan, alasan keputusan, dan jalur keberatan. Partisipasi yang tidak memengaruhi keputusan dapat menurunkan kepercayaan dan memperbesar konflik ketika proyek mulai dilaksanakan.

Penguatan ketangguhan komunitas tidak boleh memindahkan beban tanggung jawab publik kepada keluarga miskin. Rumah tangga dapat mengembangkan tabungan kelompok, jaringan peringatan, pemetaan partisipatif, atau kesiapsiagaan, tetapi mereka tidak dapat menggantikan jaringan drainase regional, layanan kesehatan, atau kebijakan perlindungan sosial. Pendekatan berbasis komunitas perlu mengakui kapasitas warga dan sekaligus menangani ketimpangan kuasa. Dukungan terhadap organisasi lokal dapat berbentuk pendanaan langsung yang akuntabel, pelatihan, akses data, dan ruang formal dalam koordinasi. Mekanisme harus mencegah kelompok perantara tertentu memonopoli bantuan atau mengesampingkan warga yang kurang terwakili.

Perlindungan sosial adaptif dapat membantu rumah tangga menghadapi guncangan tanpa menjual aset produktif atau memutus pendidikan anak. Sistem bantuan perlu memiliki prosedur yang dapat diperluas saat kejadian, menjaga akses untuk mereka yang tidak memiliki dokumen lengkap, dan menautkan bantuan jangka pendek dengan pemulihan penghidupan. Skema asuransi atau pembiayaan risiko dapat menjadi bagian dari pendekatan, tetapi perlu menilai keterjangkauan, pengecualian, dan kesesuaian dengan pekerja informal. Pemulihan pascabencana juga berpotensi menjadi jendela untuk memperbaiki layanan, dengan syarat rekonstruksi tidak mengunci masyarakat ke lokasi atau bentuk pembangunan yang lebih berisiko.

11. Infrastruktur kritis dan kesinambungan layanan

Infrastruktur kritis perkotaan meliputi air, sanitasi, listrik, transportasi, komunikasi, kesehatan, pendidikan, pengelolaan sampah, dan logistik pangan.

Keandalan sistem tersebut menentukan apakah warga dapat bekerja, berobat, belajar, dan menerima informasi saat terjadi gangguan. Infrastruktur memiliki umur panjang; keputusan lokasi dan standar desain dapat mengikat anggaran serta pola ruang selama beberapa dekade. Karena itu, penilaian investasi perlu menguji skenario iklim, interdependensi, biaya pemeliharaan, dampak pada kelompok berbeda, dan pilihan untuk meningkatkan fleksibilitas. Proyek dengan manfaat langsung yang tinggi tetap harus dinilai terhadap risiko terkunci dan biaya yang mungkin muncul di masa depan.

Ketahanan tidak identik dengan membangun aset yang lebih besar. Sistem terpusat dapat efisien, tetapi memiliki titik kegagalan bersama. Sistem tersebar dapat menyediakan redundansi, tetapi memerlukan koordinasi dan standar mutu. Kombinasi jaringan utama, cadangan lokal, dan kapasitas darurat dapat meningkatkan fleksibilitas. Rumah sakit membutuhkan listrik dan air cadangan yang diuji; pusat evakuasi memerlukan akses dan komunikasi; sistem transportasi perlu memiliki rute alternatif dan informasi layanan saat gangguan. Desain redundansi harus mempertimbangkan apakah sumber daya cadangan berfungsi saat dibutuhkan, bukan sekadar tercantum dalam dokumen pengadaan.

Pengelolaan aset memerlukan inventaris yang akurat, pemilik yang jelas, standar inspeksi, pemeliharaan preventif, pendanaan, dan prosedur pemulihan. Banyak kegagalan bukan karena teknologi tidak tersedia, melainkan karena aset tidak dirawat, suku cadang tidak tersedia, atau tanggung jawab terbagi tanpa koordinasi. Kontrak konstruksi perlu memperjelas mutu, garansi, dokumentasi, transfer pengetahuan, dan biaya siklus hidup. Perencanaan anggaran perlu menghindari bias yang memprioritaskan pembangunan baru sementara pemeliharaan rutin tertunda. Ketangguhan sering bergantung pada pekerjaan sehari-hari yang tidak spektakuler: membersihkan saluran, memperbaiki kebocoran, memangkas pohon secara aman, menguji generator, dan memperbarui kontak darurat.

Infrastruktur perlu dinilai dari aksesibilitas dan distribusi layanan. Waktu tempuh ke rumah sakit, keterjangkauan sambungan air, mutu angkutan umum, dan akses jalan evakuasi dapat berbeda antarwilayah dan kelompok pendapatan. Peningkatan kapasitas layanan di satu pusat dapat gagal menjangkau kawasan pinggir jika konektivitas buruk. Analisis jaringan harus dipadukan dengan data perjalanan dan kebutuhan warga. Investasi berorientasi ketangguhan sebaiknya memperbaiki kesenjangan layanan dasar, bukan hanya melindungi kawasan bernilai ekonomi tinggi. Namun prioritas aset tetap perlu mempertimbangkan konsekuensi sistemik: rumah sakit, pusat pengendali, dan jaringan air dapat melayani populasi yang jauh melampaui lingkungan sekitarnya.

Perubahan iklim dapat menekan pekerja yang membangun dan merawat infrastruktur. Aturan keselamatan perlu mengantisipasi panas, hujan, banjir, dan risiko kerja lapangan. Proyek adaptasi yang mengabaikan perlindungan pekerja dapat memindahkan risiko ke kelompok yang menjalankan konstruksi dan pemeliharaan. Pengadaan pemerintah dapat memasukkan standar keselamatan kerja, kondisi kontrak, pelatihan, dan mekanisme pelaporan. Keterampilan teknis untuk pengoperasian aset juga perlu dikembangkan di tingkat lokal agar ketahanan tidak bergantung sepenuhnya pada konsultan atau vendor. Transfer pengetahuan menjadi unsur penting dalam kontrak dan pengembangan kapasitas aparatur.

Perencanaan kesinambungan layanan perlu menetapkan tingkat layanan minimum, durasi gangguan yang dapat ditoleransi, prioritas pemulihan, dan cara berkomunikasi dengan pengguna. Rencana bisnis dan operasi harus mengidentifikasi pemasok alternatif, cadangan energi, akses manual, dan protokol ketika sistem digital tidak tersedia. Latihan berbasis skenario membantu melihat apakah prosedur benar-benar dapat dilaksanakan. Setelah gangguan, audit pemulihan harus mengungkap siapa yang terdampak paling lama, mengapa, dan apakah mekanisme bantuan menjangkau mereka. Dengan demikian, kesinambungan tidak diukur hanya dari apakah aset menyala

kembali, tetapi dari seberapa cepat warga memperoleh kembali layanan dan penghidupannya.

12. Solusi berbasis alam dan infrastruktur biru-hijau

Solusi berbasis alam menggunakan perlindungan, pemulihan, atau pengelolaan ekosistem untuk menjawab tantangan sosial sambil menghasilkan manfaat bagi manusia dan keanekaragaman hayati. Di kota, pendekatan ini dapat meliputi taman, hutan kota, koridor hijau, sungai yang dipulihkan, lahan basah, mangrove, kebun komunitas, atap hijau, dan sistem penahanan air hujan. Manfaatnya dapat mencakup peneduhan, retensi air, kualitas udara, rekreasi, kesehatan mental, habitat, dan penyerapan karbon. Manfaat aktual bergantung pada lokasi, kondisi ekologis, desain, skala, pemeliharaan, akses, dan keberlanjutan pendanaan. Istilah "hijau" tidak dengan sendirinya membuktikan bahwa suatu proyek tangguh atau adil.

Infrastruktur biru-hijau dapat mengurangi tekanan pada sistem drainase dengan menahan air dekat sumbernya, memperlambat limpasan, dan memberi ruang bagi air. Taman banjir dapat dirancang agar berfungsi sebagai ruang rekreasi pada hari biasa dan tampungan saat hujan. Koridor sungai dapat menyediakan jalur ekologis dan akses publik. Namun desain harus memeriksa kualitas air, risiko penyakit, keselamatan anak, hak lahan, serta pemeliharaan. Ruang yang sering tergenang perlu memiliki protokol penggunaan. Solusi tersebut berfungsi terbaik ketika diintegrasikan dengan saluran, waduk, operasi pompa, dan rencana penggunaan lahan. Ia bukan pengganti universal bagi semua prasarana teknik.

Keberhasilan penghijauan harus dinilai dari fungsi dan pemerataan. Jumlah pohon yang ditanam tidak sama dengan tutupan kanopi yang bertahan. Luas taman tidak menunjukkan apakah taman dapat dijangkau dengan aman oleh warga sekitar. Pemantauan perlu melihat tingkat hidup tanaman, distribusi peneduh, kenyamanan termal, akses jalan kaki, penggunaan kelompok berbeda, kualitas habitat, dan biaya operasi. Pemilihan spesies perlu sesuai

ekologi setempat, menghindari spesies invasif, dan memperhitungkan kebutuhan air serta risiko cabang tumbang. Keterlibatan masyarakat dapat membantu pemeliharaan, tetapi tanggung jawab jangka panjang dan dukungan ahli tetap perlu ditetapkan secara jelas.

Proyek penghijauan dapat memicu kenaikan nilai lahan dan gentrifikasi hijau apabila manfaat ekologis tidak disertai perlindungan bagi penduduk yang sudah tinggal di sekitar proyek. Peningkatan kenyamanan dapat menarik investasi yang mengubah harga sewa dan komposisi sosial. Kebijakan perumahan terjangkau, perlindungan penyewa, pengakuan hak tinggal, dan partisipasi warga dapat membantu memastikan manfaat tidak mengusir kelompok yang paling membutuhkan ruang hijau. Keadilan lingkungan juga menuntut prioritas bagi kawasan yang mengalami kekurangan pohon, panas tinggi, dan keterbatasan ruang publik, bukan hanya lokasi yang mudah dijadikan proyek percontohan.

Ekosistem perlu dikelola sebagai sistem hidup, bukan dekorasi kota. Pemulihan mangrove, sungai, atau lahan basah memerlukan pemahaman proses hidrologi dan konektivitas. Infrastruktur keras di sekitar ekosistem dapat mengubah sedimentasi, salinitas, atau aliran sehingga mengurangi fungsi restorasi. Hak pengelolaan dan akses masyarakat perlu diakui. Perubahan ekosistem dapat memengaruhi pekerjaan, budaya, dan ketahanan pangan lokal. Oleh karena itu, proyek berbasis alam memerlukan kerja bersama ahli ekologi, perencana, insinyur, ahli sosial, dan komunitas. Mekanisme pengukuran harus mengakui variasi waktu: fungsi ekologi mungkin membutuhkan beberapa tahun untuk pulih.

Pembiayaan solusi berbasis alam harus menjawab bagaimana biaya pemeliharaan dibayar, siapa yang bertanggung jawab ketika manfaat tidak tercapai, dan bagaimana manfaat lintas wilayah dibagi. Investasi dapat menggabungkan anggaran pemerintah, dukungan komunitas, dan pembiayaan swasta dengan aturan yang melindungi kepentingan publik. Perusahaan dapat berkontribusi pada restorasi, tetapi kewajiban lingkungan

dan akses publik tidak seharusnya dikorbankan demi klaim kontribusi sukarela. Pengukuran karbon perlu dibedakan dari manfaat adaptasi dan konservasi. Satu indikator karbon tidak cukup untuk menilai kinerja ekosistem atau dampaknya pada masyarakat.

13. Kesehatan, penghidupan, pendidikan, dan kehidupan sehari-hari

Dampak iklim pada kesehatan kota dapat muncul melalui panas, penyakit terkait air, kualitas udara, gangguan layanan, keselamatan kerja, kesehatan mental, dan perpindahan. Sistem kesehatan perlu memasukkan risiko iklim ke dalam pemetaan fasilitas, rencana operasi, persediaan, dan pelatihan. Puskesmas dan rumah sakit dapat berada di lokasi yang rentan, sementara pasien mungkin kesulitan mengakses layanan saat jalan terputus. Data kesehatan dapat membantu mengidentifikasi pola risiko, tetapi harus dilindungi dan dianonimkan. Kerja sama antara dinas kesehatan, kebencanaan, lingkungan, pekerjaan umum, dan komunitas diperlukan karena sebagian faktor penentu kesehatan berada di luar fasilitas medis.

Penghidupan perkotaan bergantung pada kondisi cuaca, mobilitas, energi, dan rantai pasok. Pekerja informal sering memiliki perlindungan terbatas terhadap kehilangan pendapatan ketika banjir atau panas menghentikan kegiatan. Pedagang pasar, pengemudi, pekerja konstruksi, kurir, nelayan kota pesisir, dan pekerja rumah tangga dapat mengalami dampak yang berbeda. Kebijakan adaptasi dapat menyediakan perlindungan keselamatan, ruang kerja yang lebih aman, akses informasi, dukungan saat gangguan, dan skema pemulihan yang tidak mensyaratkan dokumentasi yang sulit. Pengelola kota perlu melibatkan organisasi pekerja dan usaha kecil ketika merancang jam layanan, tempat teduh, jalur evakuasi, dan pemulihan pasar.

Sekolah adalah fasilitas layanan sekaligus bagian dari jaringan kesiapsiagaan. Bangunan sekolah perlu memiliki ventilasi, keteduhan, air minum, sanitasi, dan akses yang aman. Kurikulum dan latihan dapat membantu anak memahami risiko tanpa menimbulkan kecemasan yang tidak perlu. Sekolah dapat menjadi

tempat perlindungan sementara apabila desain dan pengelolaan mendukung, tetapi hal itu memerlukan prosedur yang jelas dan tidak mengganggu fungsi pendidikan secara berkepanjangan. Gangguan belajar pascabencana dapat berlangsung lama jika rumah rusak, transportasi terputus, atau keluarga kehilangan penghasilan. Karena itu, rencana pendidikan perlu mencakup metode belajar alternatif, dukungan psikososial, serta pemulihan layanan yang memperhatikan siswa rentan.

Perubahan iklim dapat menambah tekanan psikososial melalui ketidakpastian, kehilangan rumah, gangguan rutinitas, dan kecemasan terhadap masa depan. Respons kota tidak cukup hanya menyediakan tempat tidur sementara. Dukungan sosial, informasi yang dapat dipercaya, pengakuan terhadap kehilangan budaya dan ekonomi, serta ruang komunitas dapat membantu pemulihan. Proses relokasi perlu memahami hubungan warga dengan tempat dan jejaring. Layanan psikososial harus tersedia tanpa stigma, serta terhubung dengan layanan kesehatan primer. Penilaian kebutuhan perlu melibatkan kelompok yang terdampak dan tidak mereduksi pengalaman mereka menjadi angka kerusakan aset.

Ketahanan pangan perkotaan sangat terkait dengan wilayah di luar kota. Pasar, gudang, pelabuhan, jalan, dan jaringan pendingin menghubungkan produsen dengan konsumen. Gangguan pada salah satu simpul dapat meningkatkan harga dan mengurangi akses pangan segar. Kebijakan kota dapat melindungi pasar rakyat, memperbaiki ketahanan infrastruktur distribusi, mendukung penyimpanan yang aman, dan mendorong kebun kota sebagai pelengkap. Kebun perkotaan tidak akan menggantikan sistem produksi regional, namun dapat memberi manfaat sosial, pendidikan, dan akses lokal. Rencana kontinjensi pangan perlu memetakan kelompok yang paling rentan terhadap lonjakan harga dan menautkannya dengan program bantuan.

Perlindungan pekerja saat panas atau banjir merupakan kebijakan iklim yang berdampak langsung. Pengaturan jeda, akses air, teduhan, penjadwalan kerja, perlindungan dari kontak dengan air tercemar, dan perlengkapan yang sesuai

dapat menurunkan risiko. Pengawasan perlu melibatkan pekerja dan pemberi kerja, dengan kanal pelaporan yang aman. Pekerjaan informal memerlukan pendekatan yang berbeda dari inspeksi formal; pengelola pasar, komunitas profesi, dan koperasi dapat membantu menyalurkan informasi dan dukungan. Kebijakan harus menghindari pilihan semu antara keselamatan dan penghasilan, misalnya dengan menyertakan kompensasi atau perlindungan pendapatan saat kerja dihentikan karena kondisi berbahaya.

14. Tata kelola multi-level dan koordinasi metropolitan

Ketangguhan kota bergantung pada pembagian kewenangan yang jelas sekaligus kerja lintas sektor. Pemerintah pusat memiliki peran dalam kerangka hukum, standar, pembiayaan, informasi nasional, dan koordinasi isu lintas wilayah. Pemerintah provinsi dan kota/kabupaten memiliki fungsi penting dalam tata ruang, layanan, investasi, pengawasan, dan hubungan dengan masyarakat sesuai kewenangannya. Lembaga kebencanaan, pekerjaan umum, perumahan, transportasi, kesehatan, lingkungan, sosial, dan keuangan perlu menyelaraskan keputusan. Pembagian tugas formal tidak selalu sama dengan kemampuan nyata. Oleh karena itu, arsitektur kelembagaan perlu diikuti sumber daya, prosedur, dan mekanisme akuntabilitas.

Kebijakan iklim dapat tersebar di berbagai dokumen perencanaan, strategi sektoral, dan anggaran. Risiko muncul jika rencana adaptasi berdiri sendiri tanpa hubungan dengan rencana pembangunan jangka menengah, rencana tata ruang, standar proyek, dan kinerja perangkat daerah. UU Nomor 59 Tahun 2024 menetapkan RPJPN 2025–2045, sementara Perpres Nomor 12 Tahun 2025 menetapkan RPJMN 2025–2029. Keduanya membentuk konteks perencanaan pembangunan nasional yang perlu diterjemahkan ke sasaran wilayah dengan tetap memperhatikan perbedaan lokal. Kementerian Lingkungan Hidup/BPLH menyatakan proses penyusunan Rencana Adaptasi Nasional dimulai pada 2025; status proses perlu dikutip sesuai perkembangan resmi, bukan diasumsikan telah selesai tanpa verifikasi.

Koordinasi metropolitan membutuhkan struktur yang sesuai dengan masalah. Kerja sama sukarela dapat memadai untuk pertukaran data atau proyek teknis tertentu, tetapi masalah yang memerlukan pembagian biaya dan kewenangan mungkin membutuhkan lembaga atau perjanjian yang lebih kuat. Keputusan harus transparan: siapa mengambil keputusan, bagaimana perwakilan warga dilakukan, bagaimana biaya dibagi, dan bagaimana sengketa diselesaikan. Pengaturan yang terlalu terpusat dapat mengabaikan kondisi lokal; pengaturan yang terlalu terfragmentasi dapat gagal mengelola risiko regional. Prinsip subsidiaritas membantu menempatkan keputusan pada tingkat terdekat yang mampu mengelolanya, dengan dukungan pada tingkat lebih tinggi ketika skala dampak melampaui batas lokal.

Kepemimpinan politik menentukan apakah risiko iklim menjadi bagian dari keputusan lintas sektor atau tetap berada pada satu unit khusus. Pemimpin perlu menetapkan pemilik sasaran, mengintegrasikan indikator pada rapat anggaran, serta memberi mandat bagi unit teknis untuk menyelesaikan hambatan lintas organisasi. Tim iklim dapat berperan sebagai penghubung dan penggerak pengetahuan, tetapi tidak dapat menggantikan tanggung jawab setiap dinas. Perubahan kepemimpinan dapat mengganggu kesinambungan; karena itu, target perlu dilembagakan dalam regulasi, rencana, sistem anggaran, dan mekanisme evaluasi yang dapat bertahan melewati satu periode jabatan.

Partisipasi dan transparansi memperkuat legitimasi sekaligus memperbaiki mutu keputusan. Pemerintah perlu membuka informasi risiko, asumsi proyeksi, alternatif, biaya, serta dampak distribusional dengan bahasa yang dapat dipahami. Konsultasi perlu dilaksanakan sebelum desain mengeras dan mencakup kelompok yang berisiko mengalami kerugian. Mekanisme pengaduan harus dapat diakses dan memiliki tenggat penanganan. Pelaporan publik secara berkala memungkinkan masyarakat menilai apakah janji tercapai dan siapa bertanggung jawab. Transparansi tidak berarti semua data pribadi

dibuka; ia memerlukan tata kelola yang membedakan informasi publik, informasi operasional sensitif, dan data individu yang harus dilindungi.

Koordinasi juga menuntut hubungan yang setara antara pemerintah dan komunitas. Keahlian profesional, data ilmiah, dan pengalaman hidup menyediakan jenis pengetahuan yang berbeda. Warga dapat mengetahui lokasi genangan, perilaku saluran, jalur informal, serta hambatan akses yang luput dari peta. Pengetahuan lokal perlu diverifikasi dan dipadukan, bukan hanya dicatat sebagai testimoni. Pemerintah dapat menetapkan forum pemantauan bersama, pemetaan partisipatif, serta skema tanggapan yang menunjukkan bagaimana informasi digunakan. Praktik kolaboratif yang efektif memiliki tujuan, batas peran, dukungan sumber daya, dan kewajiban untuk menindaklanjuti masukan.

15. Pembiayaan, investasi, dan ekonomi politik ketangguhan

Adaptasi membutuhkan investasi awal dan biaya operasi sepanjang umur aset. Pemerintah daerah harus menyeimbangkan kebutuhan iklim dengan pendidikan, kesehatan, transportasi, dan layanan lain yang juga mendesak. Persoalannya tidak hanya seberapa besar dana, tetapi juga bagaimana proyek dipilih, bagaimana manfaat dan biaya dibagi, dan apakah pendanaan tersedia bagi pemeliharaan. Proyek yang tampak murah pada tahap konstruksi dapat mahal ketika biaya energi, perawatan, kerusakan, relokasi, dan kegagalan layanan diperhitungkan. Analisis biaya siklus hidup membantu membandingkan pilihan, meskipun nilai sosial dan ekologi tidak selalu mudah dinyatakan dalam satu angka.

Anggaran iklim perlu ditautkan pada hasil yang dapat diverifikasi. Penandaan anggaran dapat membantu melihat alokasi terkait adaptasi, tetapi tidak otomatis menunjukkan apakah belanja efektif atau adil. Sistem klasifikasi harus memiliki definisi dan metode yang jelas, menghindari penghitungan ganda, serta membedakan belanja yang memiliki manfaat iklim utama dari kegiatan yang sekadar beririsan. Evaluasi perlu menilai keluaran fisik, penurunan risiko,

kesinambungan layanan, manfaat bagi kelompok rentan, dan kualitas proses. Anggaran yang diberi label iklim tetapi mendanai proyek tanpa diagnosis risiko dapat menciptakan kesan kemajuan tanpa perubahan substansial.

Pembiayaan pusat-daerah dapat membantu mengurangi kesenjangan kapasitas, terutama bagi kota dengan basis pendapatan terbatas. Skema transfer dan hibah dapat memberi insentif pada perencanaan risiko, investasi lintas wilayah, dan pemeliharaan. Persyaratan pendanaan perlu proporsional agar kota kecil tidak tersisih karena keterbatasan dokumen atau tenaga ahli. Bantuan persiapan proyek, standar yang jelas, pendampingan, dan mekanisme pengadaan yang transparan dapat meningkatkan kualitas proposal. Pembiayaan berbasis kinerja harus berhati-hati agar indikator tidak mendorong manipulasi angka atau mengabaikan konteks lokal. Dukungan teknis dan pembiayaan perlu dirancang sebagai paket.

Sumber pembiayaan swasta, pinjaman, obligasi, dana iklim, dan kemitraan dapat memperluas pilihan, tetapi tidak menghapus tanggung jawab publik. Investasi swasta cenderung tertarik pada arus pendapatan yang dapat diprediksi; layanan dasar di kawasan miskin mungkin membutuhkan subsidi atau model pembiayaan lain. Kontrak harus mengatur standar layanan, akses terjangkau, pembagian risiko, transparansi biaya, kinerja, dan mekanisme keluar. Pemerintah perlu menilai kewajiban kontinjensi dan risiko fiskal yang tidak langsung terlihat. Pembiayaan inovatif tidak boleh digunakan untuk menyamarkan kewajiban publik atau memprivatisasi manfaat sambil menanggung kerugian melalui anggaran masyarakat.

Penilaian proyek harus menghindari hanya menghitung manfaat langsung pada aset yang terlindungi. Pengurangan genangan dapat menghemat waktu perjalanan, mencegah kehilangan pendapatan, melindungi kesehatan, menjaga akses sekolah, dan mengurangi biaya pemulihan. Namun agregasi nilai dapat menyembunyikan siapa penerima manfaat. Analisis distribusi menunjukkan apakah manfaat terkonsentrasi pada kawasan bernilai tinggi atau mencakup warga rentan. Penilaian nonpasar dapat membantu memahami nilai budaya,

ekologi, dan kohesi sosial. Tidak semua nilai perlu dimonetisasi; yang penting adalah keputusan menyatakan manfaat, kerugian, asumsi, dan ketidakpastian secara terbuka.

Ekonomi politik pembangunan kota memengaruhi siapa memperoleh lahan dan layanan. Peningkatan nilai tanah dari infrastruktur dapat menguntungkan pemilik, sementara penyewa menghadapi kenaikan biaya. Perizinan di kawasan berisiko dapat menciptakan aset yang kemudian menuntut perlindungan publik. Kebijakan iklim perlu mengantisipasi insentif yang mendorong pembangunan baru di belakang perlindungan atau konversi lahan ekologis. Instrumen tata nilai lahan, kontribusi pengembang, atau pengaturan hak bangun dapat membantu membiayai layanan bila dirancang dengan transparansi dan perlindungan sosial. Kebijakan fiskal harus mendorong lokasi yang lebih aman serta mempertahankan keterjangkauan.

16. Data, pengetahuan, teknologi, dan ketidakpastian

Keputusan adaptasi membutuhkan data bahaya, aset, layanan, demografi, kesehatan, penggunaan lahan, dan kondisi sosial. Data dapat berasal dari pengamatan cuaca, sensor, citra satelit, survei, administrasi, model, dan pemetaan warga. Masing-masing memiliki skala, ketelitian, bias, dan batas penggunaan. Peta risiko kota yang resolusinya terlalu kasar mungkin tidak menangkap kondisi gang atau rumah. Catatan administrasi dapat mengabaikan warga tanpa dokumen. Citra satelit dapat menunjukkan permukaan dan tutupan vegetasi, tetapi tidak secara langsung menjelaskan siapa yang memiliki sumber daya untuk beradaptasi. Keputusan yang baik menggabungkan sumber, menyatakan keterbatasan, dan menguji temuan di lapangan.

Pemantauan perlu menjawab pertanyaan kebijakan yang jelas. Jika tujuannya menentukan lokasi peneduhan, suhu permukaan dan kanopi dapat berguna; jika tujuannya mencegah penyakit akibat panas, data suhu perlu dikaitkan dengan paparan, kesehatan, kondisi rumah, dan perilaku kerja. Jika tujuannya mengurangi banjir, data curah hujan harus dikombinasikan dengan topografi,

drainase, perubahan lahan, kondisi sungai, dan pola genangan. Sistem data yang kaya tetapi tidak memiliki pemilik, standar, atau prosedur pembaruan akan cepat usang. Pemerintah perlu menetapkan siapa mengumpulkan, memvalidasi, memperbarui, berbagi, dan bertanggung jawab atas kualitas data.

Sistem peringatan dan analitik dapat meningkatkan kesiapsiagaan apabila informasi mudah ditindaklanjuti. Model prediksi harus menjelaskan ketidakpastian dan tidak memberi kesan kepastian palsu. Ambang peringatan yang terlalu sering menghasilkan alarm dapat menurunkan kepercayaan, sedangkan ambang yang terlalu tinggi dapat mengurangi waktu respons. Uji coba bersama pengguna membantu menyesuaikan pesan, bahasa, waktu, saluran, serta tindakan yang dianjurkan. Sistem harus memiliki pilihan ketika listrik, jaringan, atau sensor terganggu. Teknologi tidak menggantikan petugas dan hubungan sosial; ia dapat memperluas jangkauan mereka apabila desain operasional, pelatihan, dan mekanisme respons tersedia.

Platform digital, citra satelit, sensor kota, dan model dapat mendukung pengelolaan, tetapi perlu tata kelola data yang melindungi privasi dan keamanan. Lokasi rumah tangga rentan, catatan kesehatan, atau informasi kepemilikan dapat menimbulkan risiko jika dibuka tanpa kendali. Pengumpulan data harus berdasarkan tujuan yang jelas, minimalisasi, akses berbasis peran, retensi terbatas, serta perlindungan dari penggunaan sekunder yang merugikan. Data terbuka yang tepat dapat mendorong penelitian dan akuntabilitas, namun harus menyeimbangkan manfaat dengan risiko identifikasi. Perangkat sensor juga perlu memiliki standar keamanan, pemeliharaan, dan protokol ketika data menyimpang.

Kecerdasan buatan dan analitik prediktif dapat membantu mengenali pola atau memprioritaskan inspeksi, tetapi hasilnya bergantung pada data serta asumsi. Model yang dilatih dari catatan historis dapat mereproduksi kesenjangan layanan atau kesalahan pemetaan. Sistem yang menghasilkan prioritas perlu dapat dijelaskan kepada petugas dan masyarakat, menyediakan proses koreksi, dan tidak menjadi satu-satunya dasar keputusan yang membatasi hak.

Penilaian dampak algoritmik perlu memeriksa kesalahan menurut wilayah dan kelompok, menguji model pada kondisi yang berubah, dan menetapkan tanggung jawab manusia. Penggunaan teknologi yang canggih tidak otomatis meningkatkan ketangguhan bila persoalan dasar, seperti data yang tidak lengkap dan layanan yang timpang, tidak diselesaikan.

Pengetahuan ilmiah, pengetahuan profesional, dan pengalaman warga harus berinteraksi secara terstruktur. Kampus dapat membantu analisis skenario, evaluasi program, dan pengembangan metode, sementara pemerintah menyediakan pertanyaan kebijakan dan akses data yang aman. Organisasi komunitas dapat memvalidasi peta serta mengidentifikasi dampak yang tidak terlihat dalam statistik. Kemitraan perlu memiliki tata kelola hak atas data, publikasi, dan penggunaan hasil. Pemerintah harus membangun kapasitas internal agar dapat menilai kualitas kajian dan tidak menyerahkan seluruh pengetahuan kepada pihak eksternal. Pembelajaran yang berkelanjutan mengubah data menjadi keputusan, keputusan menjadi tindakan, dan hasil tindakan menjadi revisi rencana.

17. Pembelajaran dari kota dan wilayah Indonesia

Jakarta memperlihatkan skala tantangan metropolitan: kepadatan dan keragaman fungsi, jaringan lintas yurisdiksi, risiko banjir dan panas, ketergantungan pada sistem air regional, serta kebutuhan menjaga layanan bagi populasi besar. Pelajaran yang dapat diambil bukan bahwa semua kota harus meniru intervensi Jakarta, melainkan bahwa risiko sistemik perlu dikelola pada skala yang sesuai dan data spasial dapat membantu penentuan prioritas. Studi pemetaan panas terbaru menawarkan contoh bagaimana indikator vegetasi dan kawasan terbangun dapat digunakan untuk menyusun prioritas ruang, sambil mengingatkan keterbatasan data permukaan sebagai representasi pengalaman manusia (Perdinan et al., 2026). Analisis semacam itu harus dipadukan dengan kondisi hunian, kesehatan, mata pencaharian, dan akses ruang teduh.

Semarang memberi bahan untuk memahami adaptasi pesisir dan banjir pasang dalam konteks kota pelabuhan, permukiman, dan dinamika lahan. Penilaian praktik adaptasi di kota ini menekankan perlunya melihat kinerja tindakan, kapasitas pelaksanaan, dan kondisi lokal, bukan hanya keberadaan rencana (Wijaya, 2015). Pendekatan adaptasi dapat menggabungkan prasarana, pengendalian air tanah, pengaturan ruang, pemulihan ekosistem, dan peningkatan kapasitas komunitas. Hasilnya perlu diperiksa pada tingkat lingkungan: apakah rumah lebih aman, apakah layanan bertahan, apakah penghidupan tetap terhubung, dan apakah biaya pemeliharaan ditanggung secara berkelanjutan.

Bandung dan kota-kota di cekungan atau dataran tinggi memiliki pertanyaan tata air serta panas yang berbeda dari kota pesisir. Pertumbuhan kawasan terbangun dapat memengaruhi resapan dan limpasan di wilayah hulu maupun hilir. Peningkatan kepadatan dapat memperbaiki efisiensi perjalanan jika disertai angkutan dan ruang publik, namun dapat meningkatkan paparan panas jika peneduhan serta ventilasi terabaikan. Analisis kota perlu memperhatikan hubungan dengan kawasan sekitar dan pembagian kewenangan pengelolaan air. Kajian penginderaan jauh atas beberapa kota di Jawa menunjukkan kegunaan data perubahan tutupan lahan dan suhu permukaan untuk menelaah pola panas, tetapi hasilnya tetap perlu dihubungkan dengan informasi sosial serta kesehatan.

Kota pesisir seperti Surabaya dan Makassar memiliki fungsi pelabuhan, perdagangan, industri, perikanan, dan konektivitas yang penting. Adaptasi tidak dapat dilakukan dengan memperlakukan garis pantai sebagai ruang kosong. Kebijakan perlu menilai hubungan antara perlindungan infrastruktur, kampung pesisir, ruang publik, mangrove, dan aktivitas ekonomi. Di kota pelabuhan, gangguan logistik memiliki dampak regional. Sistem evakuasi dan peringatan perlu mempertimbangkan kawasan kerja serta permukiman yang beroperasi pada jam berbeda. Tata kelola perlu menghubungkan pemerintah

kota dengan otoritas pelabuhan, kawasan industri, pemerintah provinsi, dan komunitas pesisir.

Kota menengah di pulau-pulau berbeda dapat menjadi lokasi untuk membangun kapasitas sebelum pola pertumbuhan mengunci paparan. Tantangan yang mungkin dihadapi antara lain keterbatasan data rinci, akses tenaga ahli, dana pemeliharaan, dan ketergantungan pada infrastruktur nasional. Pada saat yang sama, skala yang lebih kecil dapat membuka ruang bagi koordinasi dekat dengan komunitas dan eksperimen kebijakan yang lebih mudah dipantau. Dukungan nasional dapat berupa data dasar, panduan teknis, pembiayaan persiapan proyek, dan jejaring belajar antarkota. Program tersebut sebaiknya tidak mensyaratkan model kelembagaan seragam; kota perlu dapat memilih bentuk yang sesuai dengan kapasitas dan bahaya lokal.

Pengalaman dari berbagai kota harus digunakan sebagai bahan pembelajaran, bukan katalog solusi instan. Perbandingan perlu menanyakan kondisi awal, kelompok penerima manfaat, proses pelaksanaan, hasil yang diukur, biaya pemeliharaan, kegagalan, dan perubahan perilaku. Cerita keberhasilan tanpa informasi tentang konteks dapat menyesatkan. Kota dapat membangun komunitas praktik untuk berbagi data, protokol, model kontrak, dan hasil evaluasi. Dokumentasi perlu memasukkan solusi yang tidak berhasil dan alasan penyesuaiannya. Dengan begitu, replikasi berarti mengadaptasi prinsip dan bukti, bukan menyalin desain tanpa memperhatikan ekologi, hak, serta kemampuan lokal.

18. Mengukur ketangguhan: dari keluaran proyek ke hasil publik

Pengukuran ketangguhan harus membedakan masukan, kegiatan, keluaran, hasil, dan dampak. Anggaran dan tenaga adalah masukan; pembangunan saluran adalah kegiatan; panjang saluran merupakan keluaran; berkurangnya genangan pada lokasi tertentu dapat menjadi hasil; menurunnya gangguan kesehatan dan kehilangan pendapatan merupakan dampak yang lebih luas. Rantai hasil membantu menguji apakah proyek menghasilkan perubahan yang

diinginkan. Indikator keluaran tetap diperlukan untuk manajemen proyek, tetapi tidak cukup untuk menunjukkan bahwa kota menjadi lebih tangguh. Evaluasi harus menetapkan kondisi awal, kelompok sasaran, jangka waktu, dan faktor luar yang dapat memengaruhi hasil.

Indikator bahaya dan paparan dapat mencakup area serta populasi dalam zona risiko, tren suhu, luas permukaan kedap, kondisi daerah resapan, atau frekuensi gangguan. Indikator kerentanan dapat melihat akses air, mutu rumah, kepadatan, kemiskinan energi, kesehatan, ketergantungan penghasilan harian, dan akses terhadap transportasi. Indikator kapasitas dapat mengukur cakupan peringatan, kesiapan layanan, pemeliharaan aset, ketersediaan dana, kualitas koordinasi, serta keterlibatan warga. Pengukuran perlu menyatakan batas data dan tidak mengubah indikator proksi menjadi kebenaran lengkap. Data harus diperbarui agar perubahan pembangunan dan sosial tercermin.

Ukuran kinerja perlu dipilah menurut lokasi dan kelompok ketika aman dan layak. Rata-rata kota dapat membaik sementara beberapa lingkungan mengalami kemunduran. Distribusi waktu pemulihan, tingkat akses ke layanan, dan biaya yang ditanggung warga dapat mengungkap kesenjangan. Pemilahan data harus menjaga privasi, terutama untuk kelompok kecil atau informasi sensitif. Pengukuran partisipatif dapat membantu menemukan pengalaman yang luput dari catatan administratif. Namun persepsi juga perlu dijelaskan melalui metode yang konsisten dan dikombinasikan dengan bukti teknis. Penggunaan beberapa metode meningkatkan pemahaman serta membantu menghindari kesimpulan berdasarkan satu sumber saja.

Kerangka evaluasi harus memuat pertanyaan tentang keadilan dan maladaptasi. Apakah proyek memindahkan risiko ke wilayah lain? Apakah warga tertentu kehilangan akses lahan atau penghasilan? Apakah investasi meningkatkan ketergantungan pada energi atau pemompaan? Apakah pembangunan mendorong lebih banyak aset ke zona yang terlindungi sementara risiko residual diabaikan? Apakah manfaat bertahan setelah masa proyek? Pertanyaan tersebut perlu dijawab sebelum dan setelah implementasi.

Mekanisme pengaduan, audit sosial, evaluasi lingkungan, dan pemantauan jangka panjang dapat mengungkap konsekuensi yang tidak terlihat pada laporan kemajuan awal.

Kota dapat menggunakan dashboard untuk merangkum indikator, namun dashboard bukan strategi. Visualisasi harus menyertakan definisi, sumber, periode, metode, dan ketidakpastian. Warna atau skor komposit dapat memberi kesan presisi yang tidak dimiliki data. Pengguna perlu dapat melihat komponen dan perubahan dari waktu ke waktu. Pengambilan keputusan juga membutuhkan forum yang menafsirkan informasi dan menentukan tindak lanjut. Dashboard yang tidak terhubung dengan anggaran, penanggung jawab, dan siklus evaluasi hanya menjadi antarmuka informasi. Tujuannya ialah membantu tindakan, dialog publik, serta koreksi kebijakan.

Pembelajaran berulang mengubah pengukuran menjadi manajemen adaptif. Kota dapat menetapkan rencana tindakan dengan indikator pemicu, misalnya tingkat gangguan layanan atau laju perubahan kondisi yang mengharuskan peninjauan standar. Evaluasi setelah kejadian perlu dilakukan tanpa mencari kambing hitam; tujuannya mengidentifikasi akar penyebab, keputusan yang tepat, dan perubahan prosedur. Hasilnya harus terdokumentasi dan dibagikan kepada unit terkait. Rencana yang tidak dapat berubah menjadi dokumen usang. Ketangguhan memerlukan siklus yang teratur: menilai risiko, memilih tindakan, memantau, belajar, dan menyesuaikan.

19. Agenda pelaksanaan 2026–2045

Agenda jangka dekat perlu dimulai dengan diagnosis dasar yang dapat dipakai lintas dinas. Pemerintah kota dapat memetakan bahaya, aset kritis, kelompok rentan, layanan yang terganggu, proyek yang sedang berjalan, dan kesenjangan data. Diagnosis tidak harus menunggu model sempurna. Peta awal yang mencatat ketidakpastian dapat membantu menentukan kebutuhan studi lanjutan dan tindakan tanpa penyesalan. Setiap temuan sebaiknya memiliki pemilik tindak lanjut. Dalam satu sampai dua siklus anggaran,

pemerintah dapat menghubungkan analisis risiko dengan prioritas pemeliharaan, kesiapsiagaan, perlindungan kesehatan saat panas, perbaikan drainase, dan komunikasi risiko.

Pada tahap awal, kota juga perlu menilai aturan dan prosedur yang menghasilkan paparan baru. Audit dapat meninjau izin pembangunan, lokasi fasilitas, standar jalan dan drainase, pengelolaan air tanah, akses terhadap ruang publik, dan proses bantuan bencana. Audit sebaiknya tidak hanya mencari pelanggaran individu, tetapi juga melihat insentif dan kelemahan koordinasi. Pemerintah dapat menetapkan moratorium atau pembatasan tertentu pada lokasi dengan risiko tinggi sambil menyiapkan alternatif yang adil. Keputusan pembatasan perlu memiliki dasar, transparansi, tenggat, dan mekanisme konsultasi agar tidak menjadi instrumen yang menekan warga dengan daya tawar rendah.

Tahap menengah perlu mengonsolidasikan program menjadi portofolio yang saling mendukung. Misalnya, pengurangan risiko banjir dapat menggabungkan perlindungan daerah resapan, pembaruan drainase, peningkatan permukiman, pengelolaan sampah, dan sistem peringatan. Strategi panas dapat menghubungkan desain ruang, bangunan, kesehatan, keselamatan pekerja, dan ruang hijau. Program layanan air dapat menggabungkan infrastruktur, pengurangan kebocoran, konservasi sumber, serta perlindungan rumah tangga rentan. Setiap portofolio perlu memiliki penanggung jawab, urutan, indikator, rencana pemeliharaan, dan pembiayaan. Integrasi bukan sekadar menempatkan beberapa proyek di bawah satu judul, melainkan menyelaraskan hasil dan operasi.

Kota perlu menetapkan tahapan berdasarkan biaya, urgensi, kelayakan, dan dampak sosial. Tindakan tanpa penyesalan seperti pemeliharaan, data dasar, pembaruan protokol, dan perlindungan pekerja dapat berjalan segera. Investasi besar yang tidak mudah diubah memerlukan penilaian skenario dan uji sensitivitas. Jalur adaptasi dapat menjelaskan kapan suatu intervensi memadai dan kapan perlu ditingkatkan atau diganti. Pemicu dapat didasarkan pada

kinerja aset, tren risiko, biaya, atau dampak sosial. Perencanaan jalur mencegah keputusan terkunci terlalu dini sekaligus memberi kepastian bagi penganggaran dan masyarakat.

Pada horizon menuju 2045, kota dapat membangun bentuk urbanisasi yang lebih kompak dan terhubung, dengan jaringan layanan yang menjangkau permukiman, ruang air yang terlindungi, dan infrastruktur yang dapat menyesuaikan. Tujuan ini tidak berarti semua kota harus memiliki bentuk yang sama. Kota pesisir, kota cekungan, kota pulau, dan kota beriklim lebih kering memerlukan konfigurasi berbeda. Yang dapat disamakan ialah prinsip: risiko masuk ke dalam investasi, layanan dasar tidak tertinggal dari pembangunan, kelompok rentan dilibatkan, ekosistem dipertahankan, dan pemeliharaan dibiayai. Perencanaan jangka panjang harus konsisten dengan target pembangunan tetapi fleksibel terhadap informasi baru.

Pemerintah pusat dapat memperkuat kapasitas daerah dengan standar data, panduan teknis, pembiayaan persiapan proyek, skema pendanaan yang adil, dan dukungan pengetahuan. Pemerintah provinsi dapat memfasilitasi koordinasi regional, terutama untuk daerah aliran sungai, transportasi, dan kawasan pesisir. Pemerintah kota dan kabupaten menghubungkan kebijakan dengan layanan, tata ruang, dan pengalaman warga. Dunia usaha dapat mengurangi risiko pada aset dan rantai pasok serta memenuhi standar lingkungan dan keselamatan. Perguruan tinggi menyediakan analisis dan evaluasi independen. Komunitas membawa pengetahuan lokal dan mengawasi distribusi manfaat. Kerangka kolaborasi harus memperjelas kontribusi dan pertanggungjawaban tiap aktor.

20. Tiga skenario masa depan urbanisasi

Skenario pertama adalah urbanisasi dengan pola bisnis seperti biasa. Penduduk bertambah, kawasan terbangun melebar, dan proyek adaptasi hadir secara terpisah tanpa mengubah cara lahan dan layanan dikelola. Sebagian aset terlindungi, tetapi pembangunan baru terus menambah paparan. Rumah

tangga dengan sumber daya dapat membeli perlindungan privat atau pindah, sementara rumah tangga rentan bertahan dengan biaya sendiri. Dalam skenario ini, kota mungkin tampak terus tumbuh, namun risiko gangguan layanan, kehilangan ekonomi, dan ketimpangan membesar. Ini bukan ramalan; ia menggambarkan konsekuensi yang dapat muncul jika kebijakan tidak mengubah pendorong risiko.

Skenario kedua adalah urbanisasi inklusif dan tangguh. Pembangunan diarahkan pada lokasi yang lebih aman dan terlayani; perumahan terjangkau terhubung dengan pekerjaan; air, drainase, kesehatan, dan transportasi direncanakan secara terpadu; ekosistem dipertahankan; dan investasi diuji terhadap skenario iklim. Warga berpenghasilan rendah memperoleh pilihan untuk meningkatkan hunian dan layanan atau berpartisipasi dalam relokasi bila diperlukan. Data digunakan dengan perlindungan privasi, dan kinerja dipantau secara terbuka. Skenario ini membutuhkan perubahan institusi dan sumber daya, bukan hanya teknologi. Ia dapat mengurangi kerugian serta meningkatkan kualitas hidup bahkan ketika risiko tertentu tetap ada.

Skenario ketiga adalah penyesuaian yang tidak merata. Ketika bahaya dan biaya meningkat, rumah tangga serta perusahaan yang mampu berpindah meninggalkan kawasan tertentu; investasi publik tertinggal; pelayanan menurun; dan kelompok yang paling rentan menjadi terjebak. Kota dapat mengalami fragmentasi: kawasan yang terproteksi berdampingan dengan lokasi yang kekurangan layanan. Perpindahan yang tidak direncanakan dapat meningkatkan tekanan pada kota penerima. Skenario ini menunjukkan mengapa adaptasi harus memikirkan siapa yang dapat memilih, siapa yang tidak, dan bagaimana sistem perlindungan sosial menjangkau warga. Kebijakan yang menunggu sampai risiko menjadi tidak tertangani dapat menghasilkan biaya sosial lebih tinggi.

Skenario membantu menguji keputusan, bukan menetapkan masa depan tunggal. Kota dapat memilih indikator pemantauan untuk melihat jalur mana yang mulai terbentuk: ekspansi ke zona risiko, perubahan harga perumahan,

ketersediaan layanan, frekuensi gangguan, investasi pemeliharaan, dan distribusi ruang hijau. Jika indikator menunjukkan ketimpangan meningkat, kebijakan dapat dikoreksi. Jika asumsi iklim berubah, standar dan prioritas dapat ditinjau. Penggunaan skenario menuntut komunikasi yang jelas tentang asumsi dan batasnya. Pemerintah perlu mencegah skenario dijadikan alat untuk membenarkan proyek yang sudah dipilih sebelumnya tanpa analisis alternatif.

Urbanisasi mendatang juga akan dibentuk oleh perubahan teknologi, struktur pekerjaan, demografi, dan ekonomi regional. Mobilitas digital dapat mengubah pola perjalanan, tetapi tidak menghapus kebutuhan akan perumahan dan ruang publik. Penuaan penduduk dapat meningkatkan kebutuhan layanan dekat rumah. Perubahan industri dapat menempatkan aset baru di kawasan yang belum memiliki infrastruktur perlindungan. Perencanaan iklim perlu terkait dengan proyeksi sosial-ekonomi dan bukan berdiri sendiri. Kota yang tangguh memantau tren ini serta merancang layanan yang fleksibel, sehingga perubahan pada satu sektor tidak memaksa respons darurat di sektor lain.

Keadilan antar generasi menjadi pertimbangan penting. Infrastruktur yang dibangun sekarang akan membentuk biaya, risiko, dan pilihan generasi mendatang. Mengabaikan risiko dapat menghasilkan utang pemeliharaan dan kewajiban perlindungan yang mahal. Sebaliknya, investasi yang memperbaiki layanan dasar, ruang hijau, transportasi, dan perumahan dapat memberi manfaat bersama. Keputusan perlu menyatakan siapa menerima manfaat kini dan siapa menanggung risiko di masa depan. Penggunaan asumsi diskonto dan proyeksi harus dijelaskan, sebab pilihan teknis dan ekonomi memengaruhi prioritas antarwaktu. Perencanaan yang bertanggung jawab mempertahankan pilihan generasi mendatang, bukan menutupnya dengan aset yang sulit diubah.

20A. Pengurangan risiko bencana, kesiapsiagaan, dan pemulihan yang lebih baik

Adaptasi iklim dan pengurangan risiko bencana memiliki tujuan yang beririsan, tetapi kerangka waktunya dapat berbeda. Pengurangan risiko bencana mencakup pencegahan, mitigasi, kesiapsiagaan, respons, dan pemulihan terhadap berbagai bahaya. Adaptasi iklim menaruh perhatian pada perubahan iklim yang berlangsung dan dampak yang diperkirakan. Kota memperoleh manfaat ketika kedua agenda disatukan dalam rencana tata ruang, investasi, dan sistem layanan tanpa mengaburkan kebutuhan teknis masing-masing. Perencanaan multi-bahaya dapat mengidentifikasi kemungkinan kejadian berurutan atau bersamaan, misalnya hujan ekstrem yang diikuti gangguan listrik, atau gelombang pasang yang bertepatan dengan badai. Sistem lokal perlu memahami skenario yang relevan bagi wilayahnya dan meninjau kesiapsiagaan ketika kondisi iklim serta pola pembangunan berubah.

Kesiapsiagaan dimulai dari pemahaman tentang siapa yang perlu menerima informasi, siapa yang membutuhkan bantuan untuk bergerak, dan fasilitas apa yang akan tetap berfungsi. Peta evakuasi harus mengandung rute yang dapat dilalui, titik kumpul yang aman, kapasitas tempat perlindungan, serta akses untuk kelompok dengan kebutuhan berbeda. Informasi lokasi pengungsian perlu diperbarui, termasuk ketersediaan air, sanitasi, layanan kesehatan, dan dukungan psikososial. Komunitas dapat membantu mendeteksi risiko dan menyebarkan peringatan, tetapi tanggung jawab koordinasi, keselamatan, serta pemenuhan layanan berada pada institusi yang memiliki mandat. Prosedur perlu diuji bersama, bukan hanya disimpan dalam dokumen.

Peringatan dini yang efektif menyatukan pengamatan, prakiraan, komunikasi, dan tindakan. Setiap bagian perlu memiliki ambang dan penanggung jawab. Sensor atau prakiraan tanpa rencana respons hanya menambah data; pesan yang tidak sampai kepada warga tidak mengurangi risiko. Kanal ganda penting karena listrik dan jaringan dapat terganggu. Pesan harus menyebut risiko, lokasi, waktu, tindakan yang dianjurkan, dan tempat memperoleh bantuan.

Sistem perlu memperhitungkan bahasa, tingkat literasi, gangguan pendengaran atau penglihatan, serta ketersediaan perangkat. Setelah kejadian, catatan penerimaan dan respons dapat dianalisis untuk mengetahui apakah informasi tepat waktu, dipahami, dipercaya, dan memberi kesempatan bertindak.

Pemulihan adalah kesempatan untuk mengurangi kerentanan, tetapi juga dapat memperkuat ketimpangan bila bantuan hanya mengikuti nilai kerusakan aset formal. Rumah tangga tanpa bukti kepemilikan, penyewa, pekerja informal, dan usaha mikro mungkin kehilangan mata pencaharian tanpa tercatat dalam klaim aset. Penilaian kerugian harus mencakup layanan, kesehatan, waktu, pendapatan, jaringan sosial, dan hambatan dokumentasi. Skema bantuan perlu menjangkau orang yang terdampak secara nyata. Data dan prosedur harus dapat diperiksa, dengan jalur banding yang mudah. Pemulihan yang adil menghindari syarat yang secara tidak langsung mengeluarkan warga yang paling rentan dari dukungan.

Prinsip membangun kembali dengan lebih baik perlu diterapkan secara konkret. Ia dapat berarti memperkuat rumah dan fasilitas, memulihkan akses jalan, mengamankan saluran, meninjau lokasi fasilitas kritis, atau memperluas perlindungan sosial. Namun pembangunan kembali di tempat yang sama tanpa penilaian risiko dapat mengulang kerugian. Keputusan untuk memperbaiki, meningkatkan, merelokasi, atau mengubah fungsi lahan perlu membandingkan alternatif, biaya jangka panjang, dan dampak sosial. Warga terdampak harus berpartisipasi dalam menentukan standar pemulihan serta bentuk dukungan. Kecepatan pemulihan penting, namun tidak boleh menjadi alasan menghapus konsultasi dan akuntabilitas.

Latihan dan evaluasi pascakejadian harus menghasilkan perubahan prosedur dan investasi. Kota dapat mencatat durasi gangguan per layanan, wilayah yang pulih paling lambat, hambatan koordinasi, dan kebutuhan kelompok yang tidak terpenuhi. Temuan perlu dibagikan lintas dinas dan dimasukkan dalam rencana serta anggaran. Evaluasi yang jujur membedakan kegagalan sistem dari

tindakan individu yang melanggar aturan, agar aparatur dapat melaporkan masalah tanpa menyembunyikannya. Pada saat yang sama, pembelajaran harus diikuti penanggung jawab dan tenggat, sehingga tidak berhenti sebagai laporan. Ketangguhan tumbuh dari kemampuan mengubah pengalaman menjadi perbaikan nyata.

20B. Mobilitas, transportasi, dan bentuk kota yang rendah risiko

Perubahan iklim memengaruhi mobilitas melalui genangan, panas, longsor, kerusakan infrastruktur, dan gangguan operasional. Jalan dan rel dapat menjadi tidak dapat digunakan, perjalanan berjalan kaki terasa berbahaya, serta layanan angkutan berkurang ketika listrik atau komunikasi terganggu. Dampak ini memengaruhi akses kerja, pendidikan, kesehatan, dan evakuasi. Perencanaan transportasi perlu mengidentifikasi koridor penting, titik yang kerap terputus, kelompok pengguna yang paling terdampak, serta pilihan perjalanan alternatif. Gangguan pada satu simpul dapat mengisolasi kawasan luas apabila jaringan tidak memiliki redundansi. Pemetaan rute perlu mempertimbangkan bahwa jalur yang tampak dekat di peta mungkin tidak aman bagi pejalan kaki, kursi roda, atau anak-anak.

Bentuk kota memengaruhi jarak dan ketergantungan pada kendaraan. Tata guna lahan campuran, perumahan yang terjangkau dekat pekerjaan, jalur berjalan kaki yang teduh, dan angkutan umum yang andal dapat mengurangi paparan perjalanan panjang sekaligus mendukung pengurangan emisi. Namun pemadatan tanpa ruang publik dan perlindungan terhadap panas dapat mengurangi kenyamanan. Perencanaan berorientasi transit perlu memastikan akses hunian bagi pekerja berpendapatan rendah, bukan hanya membangun kawasan bernilai tinggi di sekitar stasiun. Integrasi tarif, jadwal, akses pejalan kaki, dan koneksi antarmoda menentukan apakah sistem dapat digunakan oleh seluruh kelompok.

Ketahanan transportasi tidak terbatas pada memperkuat jalan atau meninggikan rel. Sistem perlu mengelola drainase di sekitar jalur, menyediakan

operasi alternatif, melindungi pusat kendali, menjaga akses bagi layanan darurat, dan memiliki protokol saat terjadi gangguan. Angkutan umum dapat mengurangi ketergantungan pada mobil pribadi, tetapi kapasitasnya harus cukup untuk memenuhi lonjakan kebutuhan selama evakuasi. Informasi perubahan rute perlu tersedia melalui lebih dari satu kanal. Kendaraan dan halte perlu dapat diakses oleh penyandang disabilitas dan lansia. Rencana kontinuitas harus mempertimbangkan keselamatan pengemudi, petugas, dan pekerja pemeliharaan saat kondisi cuaca berbahaya.

Pembangunan jalan baru dapat meningkatkan konektivitas, namun juga mendorong perubahan tata guna lahan dan ekspansi ke area rawan. Penilaian proyek harus melihat dampak induksi perjalanan, pertumbuhan kawasan, kerusakan habitat, limpasan, serta distribusi manfaat. Penghematan waktu bagi pengguna dapat disertai biaya pemeliharaan dan risiko paparan baru. Pemerintah dapat menguji alternatif seperti peningkatan transportasi umum, manajemen permintaan, koneksi antarmoda, dan penataan pusat kegiatan. Evaluasi perlu membandingkan skenario, bukan hanya manfaat pada volume lalu lintas tertentu. Pertimbangan iklim membantu menghindari investasi yang memperbesar ketergantungan pada sistem beremisi tinggi atau sulit dipertahankan.

Kawasan pejalan kaki dan pesepeda merupakan infrastruktur adaptasi sehari-hari. Jalur yang teduh, aman dari banjir, memiliki penerangan, dan terhubung dengan layanan memungkinkan perjalanan pendek tanpa kendaraan bermotor. Ruang tersebut juga mendukung akses kelompok yang tidak mengemudi. Desain perlu menghindari hambatan seperti trotoar terputus, permukaan licin, jembatan penyeberangan yang tidak aksesibel, dan panas tanpa peneduh. Investasi kecil yang memperbaiki koneksi lokal dapat memberi manfaat besar bagi mobilitas dan kesehatan. Pengelolaan perlu mendengar pengalaman pengguna, termasuk perempuan yang mungkin menghadapi isu keselamatan berbeda pada waktu tertentu.

Rencana mobilitas berketangguhan perlu menghubungkan transportasi dengan tata ruang, perumahan, kesehatan, dan kebencanaan. Peta akses dapat menunjukkan apakah warga dapat mencapai rumah sakit atau tempat kerja saat sebagian koridor terganggu. Data perjalanan perlu dijaga privasinya dan digunakan secara proporsional. Pemerintah dapat melibatkan operator, pengguna, komunitas, dan pengelola fasilitas dalam latihan serta evaluasi. Ukuran keberhasilan mencakup keandalan, keterjangkauan, aksesibilitas, keselamatan, waktu pemulihan, dan emisi. Sistem transportasi yang tangguh menjaga pilihan perjalanan, sehingga gangguan pada satu moda atau koridor tidak menghentikan kehidupan kota.

20C. Konflik penggunaan lahan, komunikasi risiko, dan kesepakatan sosial

Adaptasi sering menyentuh tanah, properti, akses sumber daya, dan kepentingan ekonomi sehingga dapat memunculkan konflik. Pembatasan pembangunan, penetapan sempadan, proyek perlindungan, pemulihan ekosistem, dan relokasi mengubah hak serta nilai lahan. Konflik bukan selalu tanda bahwa warga menolak keselamatan; bisa jadi masyarakat merespons distribusi biaya yang dianggap tidak adil, informasi yang tidak lengkap, atau pengalaman buruk dengan proyek sebelumnya. Pemerintah perlu mengidentifikasi pemangku kepentingan sejak awal, menjelaskan mandat dan pilihan, serta menciptakan forum penyelesaian sengketa yang dapat dipercaya. Proses yang terbuka memberi ruang untuk memperbaiki rancangan sebelum masalah menjadi lebih sulit ditangani.

Komunikasi risiko harus menjelaskan kemungkinan, konsekuensi, ketidakpastian, dan tindakan secara terpisah. Peta dengan kategori merah dapat menyampaikan bahaya dengan cepat, tetapi tidak menjelaskan probabilitas, kondisi rumah, atau pilihan adaptasi. Informasi teknis perlu disajikan bersama konteks dan sumbernya. Pemerintah sebaiknya menyatakan kapan model dibuat, apa batasnya, dan bagaimana warga dapat mengoreksi data lokal yang keliru. Komunikasi bukan hanya penyampaian pesan satu arah;

ia juga proses mendengarkan, menjawab kekhawatiran, dan mengungkapkan alasan keputusan. Jika kepastian belum ada, menyatakan ketidakpastian secara jujur lebih baik daripada memberi janji yang tidak dapat dipenuhi.

Perundingan kebijakan dapat menggunakan beberapa tahap: pemetaan pihak terdampak, penyusunan pilihan, pembahasan kriteria, penilaian konsekuensi, kesepakatan dukungan, dan mekanisme pemantauan. Setiap tahap perlu mencatat pandangan yang berbeda dan alasan penetapan keputusan. Fasilitator independen dapat membantu ketika posisi tawar tidak seimbang. Akses terhadap nasihat hukum dan teknis dapat meningkatkan kemampuan kelompok warga untuk menilai proposal. Namun proses perundingan tidak boleh mengubah hak dasar menjadi transaksi semata. Terdapat kewajiban publik yang harus dipenuhi, serta batas keselamatan yang perlu disampaikan secara transparan.

Konflik dapat meningkat apabila kompensasi dan bantuan tidak mengakui kerugian nonfisik. Rumah dapat memiliki nilai ekonomi sekaligus menjadi tempat usaha, pusat pengasuhan, jaringan tetangga, dan bagian dari identitas. Penilaian yang hanya menggunakan harga bangunan mungkin tidak memulihkan kemampuan hidup. Perencanaan perlu mengidentifikasi lokasi pekerjaan, sekolah, jaringan sosial, akses transportasi, serta layanan yang akan berubah. Bila relokasi dilakukan, dukungan transisi, jaminan hunian, dan pemantauan pascapindah menjadi penting. Komunitas harus memperoleh informasi mengenai hak dan proses, dan keputusan harus memiliki mekanisme peninjauan.

Kesepakatan sosial juga diperlukan untuk pembatasan penggunaan sumber daya, seperti pengambilan air tanah atau akses pada kawasan restorasi. Kebijakan dapat menetapkan batas yang diperlukan, tetapi transisi harus mempertimbangkan kebutuhan rumah tangga dan usaha kecil. Bantuan teknis, alternatif layanan, masa penyesuaian, serta kompensasi yang sesuai dapat mengurangi beban. Pengawasan harus konsisten dan tidak hanya menyasar kelompok yang paling mudah ditertibkan. Prinsip keadilan menuntut pihak

yang memiliki kapasitas dan kontribusi lebih besar terhadap masalah ikut menanggung biaya penyelesaian. Mekanisme partisipatif dapat membantu merumuskan tata kelola yang dapat diterima dan ditegakkan.

Kepercayaan dibangun melalui konsistensi antara janji dan tindakan. Pemerintah perlu memberi kabar tentang kemajuan, menjelaskan keterlambatan, dan membuka data yang relevan. Jika desain berubah karena bukti baru, alasannya perlu disampaikan. Jika proyek menimbulkan kerugian, kanal pemulihan harus tersedia. Kepercayaan bukan sekadar sikap publik yang harus dikelola; ia merupakan hasil dari proses yang dapat dipertanggungjawabkan. Komunikasi risiko dan penyelesaian konflik yang baik dapat memperkuat legitimasi kebijakan serta membantu kota mengambil keputusan sulit dengan dukungan masyarakat.

20D. Hubungan kota-desa, migrasi, dan ketahanan wilayah

Kota menerima air, pangan, energi, tenaga kerja, bahan bangunan, dan jasa ekosistem dari wilayah yang lebih luas. Arus tersebut menciptakan ketergantungan dua arah: gangguan di daerah hulu atau sentra produksi dapat segera memengaruhi kehidupan perkotaan, sementara permintaan kota dapat mendorong perubahan lahan dan sumber daya di desa. Urbanisasi tangguh perlu direncanakan sebagai hubungan regional, bukan sebagai ekspansi kota yang berdiri sendiri. Pemerintah dapat memetakan sumber daya penting dan koridor distribusi, mengenali titik rawan, serta menjalin kesepakatan lintas wilayah tentang pengelolaan air, transportasi, pangan, dan ruang ekologis. Kerja sama perlu memberi manfaat yang adil bagi komunitas penyedia sumber daya, bukan sekadar mengalihkan beban perlindungan kepada mereka.

Perubahan iklim dapat memengaruhi keputusan untuk berpindah melalui kehilangan penghasilan, gangguan pertanian, kerusakan rumah, atau tekanan pada layanan. Namun perpindahan dipengaruhi oleh banyak faktor dan sering terjadi bertahap. Sebagian orang bergerak sementara, sebagian pindah mengikuti jaringan keluarga dan pekerjaan, sementara sebagian tidak memiliki

sumber daya untuk pergi. Kebijakan kota perlu menghindari asumsi bahwa semua pendatang merupakan kelompok rentan dengan kebutuhan yang sama. Sistem perumahan, pendidikan, kesehatan, administrasi kependudukan, dan pasar kerja perlu cukup inklusif untuk merespons pertambahan penduduk tanpa menciptakan hambatan berdasarkan status asal. Data migrasi perlu dijaga dan digunakan untuk memahami kebutuhan layanan, bukan untuk mengecualikan orang.

Kota penerima dapat memperoleh dinamika ekonomi dan keterampilan baru dari penduduk yang datang, tetapi tekanan pada hunian dan layanan perlu diantisipasi. Perencanaan penduduk harus menggunakan beberapa skenario, karena perubahan iklim, investasi, dan peluang kerja sulit diproyeksikan secara tepat. Perumahan sementara yang aman, akses ke pekerjaan, transportasi yang terjangkau, dan informasi layanan dapat membantu pendatang membangun kehidupan tanpa bergantung pada jaringan informal yang rentan. Program penanggulangan bencana harus memastikan warga baru dapat memperoleh peringatan, bantuan, dan perlindungan. Kebijakan yang responsif tidak melabeli mobilitas sebagai masalah, melainkan memastikan hak dasar dan kapasitas layanan mengikuti perubahan kebutuhan.

Penduduk yang ingin bertahan di tempat asal juga perlu memiliki pilihan. Dukungan adaptasi di desa dan kota kecil dapat mengurangi tekanan perpindahan yang tidak diinginkan, melalui layanan dasar, diversifikasi penghidupan, perlindungan ekosistem, dan akses pada informasi. Upaya tersebut tidak dimaksudkan untuk membatasi mobilitas atau mewajibkan orang tinggal di lokasi yang berbahaya. Tujuannya memperluas pilihan: mampu bertahan dengan aman, berpindah secara sukarela, atau kembali dengan dukungan bila keadaan memungkinkan. Pemerintah lintas tingkat perlu mengkoordinasikan layanan untuk komunitas asal dan daerah tujuan sehingga kebijakan migrasi tidak terpisah dari perencanaan perkotaan.

Perencanaan regional perlu menghubungkan kota dengan ketahanan pangan dan energi. Gudang, pasar, jalan, pelabuhan, dan jaringan pendingin memiliki

fungsi yang melampaui batas kota. Gangguan pada koridor tertentu dapat memengaruhi harga dan ketersediaan barang di banyak tempat. Pemerintah dapat mendorong diversifikasi sumber, menjaga akses pasar, memperkuat penyimpanan dan distribusi, serta menyusun rencana kontinjensi bersama. Kebijakan harus menghindari ketergantungan pada satu simpul atau satu pemasok. Kerja sama regional juga dapat melindungi daerah tangkapan dan lahan produktif, sambil memastikan pembangunan kota tidak secara tidak langsung menurunkan kemampuan daerah sekitar memenuhi kebutuhan dasarnya.

Ketahanan wilayah harus mempertimbangkan perbedaan kapasitas fiskal dan kelembagaan antar daerah. Kota besar memiliki sumber daya teknis lebih banyak, namun kompleksitas koordinasi yang tinggi; kota kecil dapat memiliki hubungan sosial dekat tetapi basis pendanaan terbatas. Kerangka nasional dapat menyediakan data, metode, dan akses pembiayaan dengan persyaratan proporsional. Pemerintah provinsi dapat membangun jaringan pembelajaran dan memfasilitasi rencana lintas kabupaten. Perencanaan bersama sebaiknya memiliki target hasil, pembagian tanggung jawab, mekanisme penyelesaian sengketa, dan evaluasi manfaat. Ketika hubungan kota-desa ditata dengan adil, urbanisasi dapat menjadi jaringan saling menguatkan, bukan kompetisi atas sumber daya.

21. Peran aparatur, sektor usaha, kampus, dan masyarakat

Aparatur publik menerjemahkan strategi menjadi izin, pelayanan, pengadaan, operasi, dan pengawasan. Pengembangan kompetensi perlu mencakup pemahaman risiko iklim, literasi data, tata ruang, komunikasi risiko, pengelolaan proyek, partisipasi, dan pengadaan berkelanjutan. Pelatihan tidak cukup bila sistem insentif dan prosedur tetap mendorong praktik lama. Aparatur membutuhkan mandat, akses informasi, waktu, serta kolaborasi lintas keahlian. Kepemimpinan yang memberi ruang untuk menguji dan memperbaiki

pendekatan dapat mendorong inovasi yang bertanggung jawab. Akuntabilitas tetap penting: eksperimentasi harus memiliki tujuan, batas risiko, dan evaluasi.

Sektor usaha adalah pengguna sekaligus penyedia infrastruktur dan layanan. Perusahaan dapat menilai risiko fisik pada aset, rantai pasok, tenaga kerja, dan kebutuhan air, kemudian menyusun rencana kesinambungan. Praktik tersebut perlu diselaraskan dengan tujuan kota dan tidak memindahkan biaya kepada publik. Perusahaan properti dan konstruksi memiliki pengaruh pada lokasi dan bentuk pembangunan. Lembaga keuangan dapat mempertimbangkan risiko iklim dan sosial dalam pembiayaan. Pelaporan risiko yang transparan membantu pengambilan keputusan, tetapi klaim ketangguhan atau keberlanjutan harus didukung bukti, indikator, dan verifikasi yang jelas.

Perguruan tinggi dapat memberi dukungan melalui pemetaan, pemodelan, pengukuran suhu, evaluasi kebijakan, inovasi material, serta pengembangan tenaga profesional. Hubungan kampus-pemerintah perlu dirancang agar penelitian menjawab kebutuhan keputusan dan hasil dapat diterapkan. Data yang sensitif memerlukan tata kelola. Peneliti juga perlu menyampaikan ketidakpastian dan batas model dengan cara yang dapat dipahami. Program pendidikan multidisiplin dapat menyiapkan ahli yang menghubungkan teknik, ilmu sosial, ekonomi, kesehatan, dan kebijakan. Keterlibatan mahasiswa dalam proyek kota dapat memperluas kapasitas sekaligus membangun pemahaman tentang konteks setempat.

Komunitas bukan sekadar penerima program. Organisasi warga, kelompok perempuan, kelompok disabilitas, asosiasi pedagang, organisasi keagamaan, dan jaringan pemuda dapat membantu memetakan kebutuhan, menyampaikan informasi, memantau layanan, serta merancang respons yang sesuai. Dukungan perlu diberikan tanpa menginstrumentalisasi relawan atau mengharuskan komunitas menggantikan layanan formal. Pemerintah dapat menyediakan dukungan kecil yang mudah diakses, akses data, pelatihan kesiapsiagaan, dan ruang koordinasi. Mekanisme representasi harus

menghindari dominasi tokoh yang paling terlihat dan membuka partisipasi bagi kelompok yang tidak selalu hadir dalam forum resmi.

Media berperan penting dalam menyampaikan risiko dan akuntabilitas. Informasi yang terlalu teknis sulit digunakan, sedangkan pesan yang sensasional dapat mengaburkan tingkat ketidakpastian. Pemerintah dan lembaga ilmiah dapat membangun hubungan dengan jurnalis, menyediakan data yang dapat ditelusuri, serta menjelaskan metode dan implikasi kebijakan. Komunikasi risiko sebaiknya konsisten, tepat waktu, dan mengarahkan pada tindakan praktis. Ketika terjadi kesalahan, koreksi perlu disampaikan terbuka. Media lokal juga dapat menyoroti pengalaman lingkungan yang luput dari laporan resmi dan memperkuat dialog publik tentang prioritas pembangunan.

Kolaborasi multiaktor membutuhkan prinsip dan tata kelola. Kesepakatan harus menjelaskan tujuan, kontribusi, penggunaan data, pengelolaan konflik kepentingan, standar keselamatan, dan mekanisme evaluasi. Kemitraan tidak boleh mengaburkan siapa pemegang mandat atau siapa bertanggung jawab ketika layanan gagal. Pemerintah tetap memiliki kewajiban memastikan hak dasar dan perlindungan publik. Kolaborasi dapat memperluas pengetahuan serta sumber daya, sementara akuntabilitas menjaga agar manfaatnya tidak terkonsentrasi. Hubungan yang sehat dibangun melalui kejelasan peran, keterbukaan, penghormatan pada kapasitas lokal, dan tindak lanjut yang dapat diperiksa.

22. Kesenjangan pengetahuan dan agenda penelitian

Pertama, banyak analisis risiko perkotaan membutuhkan data pada skala yang lebih rinci dan terhubung dengan kondisi sosial. Peta bahaya yang tersedia sering menggunakan resolusi berbeda, periode pengamatan yang tidak sama, atau metode yang sulit dibandingkan. Penelitian perlu menguji bagaimana ketidakpastian berpengaruh pada pilihan investasi dan bagaimana informasi lokal dapat memperbaiki model. Kota perlu memiliki protokol berbagi data dan dokumentasi metadata. Penelitian jangka panjang dapat membantu melihat

apakah intervensi mengurangi kerentanan atau hanya mengubah pola paparan sementara.

Kedua, evaluasi adaptasi perlu lebih banyak membahas hasil distribusional. Banyak laporan mencatat aktivitas dan aset tetapi tidak menilai pengalaman kelompok rentan, perubahan biaya hidup, dan dampak pada penghidupan. Penelitian dapat menggabungkan metode kuantitatif dengan studi kasus, survei, wawancara, pemetaan partisipatif, dan analisis kebijakan. Perbandingan antarkota dapat membantu membedakan faktor konteks dari mekanisme yang dapat direplikasi. Pengumpulan data longitudinal penting untuk melihat apakah manfaat bertahan, siapa yang dapat mengaksesnya, dan apakah terjadi maladaptasi.

Ketiga, kota kecil dan menengah perlu mendapat perhatian yang lebih seimbang. Fokus pada metropolitan dapat membuat kebutuhan dan peluang kota perantara kurang terlihat. Agenda penelitian dapat menelaah bentuk tata kelola regional, kapasitas fiskal, model pembiayaan, hubungan kota-desa, serta variasi risiko di kepulauan. Kajian perlu melibatkan pemerintah lokal dan komunitas sejak awal, sehingga pertanyaan dan hasil relevan bagi kebijakan. Sistem dokumentasi yang mudah diakses dapat membantu kota membangun pengetahuan tanpa harus mengulang seluruh studi dari awal.

Keempat, hubungan antara panas, kesehatan, produktivitas, dan energi memerlukan bukti lokal yang lebih kuat. Pengukuran suhu perlu dikaitkan dengan paparan di rumah, perjalanan dan tempat kerja, kondisi medis, serta kemampuan mendinginkan ruang. Penelitian dapat menguji kombinasi intervensi yang paling efektif dan adil pada lingkungan berbeda. Evaluasi juga perlu mengamati dampak penggunaan teknologi pendingin terhadap konsumsi energi dan kualitas udara dalam ruang. Informasi tersebut dapat mendukung standar bangunan, perlindungan pekerja, dan kebijakan kesehatan masyarakat.

Kelima, pembiayaan adaptasi membutuhkan metode yang lebih baik untuk mengukur manfaat kolektif, risiko fiskal, dan nilai pemeliharaan. Penelitian dapat membandingkan instrumen pendanaan, menilai distribusi biaya, serta menguji bagaimana persyaratan proyek memengaruhi kota dengan kapasitas berbeda. Kebutuhan pendanaan tidak hanya berupa konstruksi, tetapi juga perencanaan, pengoperasian, perawatan, komunikasi, dan pemantauan. Kajian yang transparan dapat mengurangi ketergantungan pada satu jenis instrumen dan membantu pemerintah menilai konsekuensi jangka panjang.

Keenam, hubungan antara tata ruang, pasar tanah, dan ketangguhan perlu diteliti lebih jauh. Bagaimana investasi perlindungan mengubah nilai properti dan risiko pembangunan baru? Instrumen apa yang dapat menjaga hunian terjangkau sekaligus mengarahkan pertumbuhan? Bagaimana hak bermukim dan risiko dikelola ketika relokasi diperlukan? Pertanyaan tersebut memerlukan gabungan ilmu perencanaan, hukum, ekonomi, sosiologi, dan geografi. Hasil penelitian perlu disajikan dalam bentuk yang dapat membantu pengambil keputusan, termasuk alternatif kebijakan, dampak distribusional, dan prasyarat implementasi.

23. Prinsip kebijakan untuk kota tangguh iklim

Prinsip pertama adalah mendahulukan pengurangan risiko sebelum memperbesar investasi di tempat yang berbahaya. Setiap proyek perlu memeriksa bahaya kini dan masa depan, akses layanan, serta konsekuensi lintas wilayah. Jika pembangunan baru akan menciptakan paparan sulit dipulihkan, pemerintah harus mempertimbangkan lokasi lain atau desain yang mengurangi risiko secara nyata. Keputusan perlu didukung peta, kajian, dan keterbukaan alasan. Penilaian risiko bukan hambatan investasi; ia membantu menghindari aset yang mahal dan layanan yang tidak dapat diandalkan.

Prinsip kedua adalah menempatkan layanan dasar sebagai fondasi ketangguhan. Air, sanitasi, kesehatan, perumahan, mobilitas, energi, dan komunikasi menentukan kemampuan warga menghadapi gangguan. Investasi

adaptasi perlu mengurangi kesenjangan layanan yang sudah ada dan menjaga akses selama keadaan darurat. Pemerintah perlu memperhitungkan keterjangkauan, kualitas, dan keandalan, bukan hanya cakupan nominal. Penguatan layanan dasar memberi manfaat rutin dan mengurangi kerugian saat kejadian ekstrem.

Prinsip ketiga adalah mengakui bahwa keadilan merupakan syarat efektivitas, bukan tambahan. Kebijakan yang memindahkan beban, mengabaikan hak, atau tidak melibatkan warga dapat gagal dilaksanakan dan menimbulkan kerugian baru. Penilaian dampak sosial harus dilakukan sejak awal. Pilihan perlindungan, peningkatan, dan relokasi perlu disertai perlindungan mata pencaharian, akses layanan, dan mekanisme keberatan. Data dan partisipasi perlu digunakan untuk mengenali ketimpangan, bukan sekadar memenuhi formalitas.

Prinsip keempat adalah menggabungkan infrastruktur teknik dengan ekosistem dan tata ruang. Tanggul, pompa, saluran, hutan kota, lahan basah, dan koridor sungai menyediakan fungsi yang berbeda. Portofolio yang tepat dapat lebih fleksibel dan memberi manfaat bersama. Namun setiap unsur memerlukan pemeliharaan, hak pengelolaan, dan pengukuran kinerja. Proyek harus diuji terhadap efek samping, termasuk pemindahan risiko dan perubahan akses terhadap ruang.

Prinsip kelima adalah membangun kapasitas belajar dan koreksi. Rencana harus memiliki indikator, pemilik, jadwal tinjauan, dan pemicu penyesuaian. Pemerintah perlu mendokumentasikan apa yang berhasil dan apa yang gagal, lalu memperbarui standar serta anggaran. Ketidakpastian dihadapi melalui rentang skenario dan pilihan bertahap, bukan dengan menunda semua tindakan. Transparansi tentang batas pengetahuan membantu warga memahami mengapa keputusan tertentu diambil dan kapan keputusan itu dapat ditinjau kembali.

Prinsip keenam adalah menyelaraskan pembiayaan dengan siklus hidup dan manfaat publik. Konstruksi tanpa pemeliharaan melemahkan ketahanan.

Pengadaan perlu menguji biaya total, standar keselamatan, kemampuan operasi lokal, serta ketergantungan pada vendor. Pembiayaan swasta dapat berperan, tetapi mandat layanan publik, perlindungan pengguna, dan risiko fiskal harus jelas. Anggaran perlu memberi ruang bagi kegiatan rutin yang menopang fungsi sistem, bukan hanya proyek yang mudah terlihat.

24. Penutup: kota sebagai pilihan bersama

Masa depan urbanisasi Indonesia akan ditentukan oleh bagaimana kota mengelola hubungan antara pertumbuhan, ruang, risiko, dan kesejahteraan. Perubahan iklim memperbesar urgensi, tetapi tidak menciptakan semua kerentanan dari awal. Pola penggunaan lahan, akses terhadap hunian, mutu layanan, pengelolaan sumber daya, dan pembagian kewenangan telah membentuk risiko yang ada. Karena itu, adaptasi yang efektif perlu memperbaiki keputusan pembangunan sekaligus menyiapkan sistem menghadapi kondisi yang berubah. Kota tangguh bukan hanya kota dengan proyek perlindungan, melainkan kota yang mengurangi sumber risiko dan memastikan layanan tetap bekerja bagi semua warga.

Peningkatan jumlah penduduk perkotaan dapat menjadi peluang jika didukung investasi yang tepat. Perumahan yang terjangkau dan aman, transportasi yang efisien, air bersih, drainase, ruang hijau, layanan kesehatan, serta pekerjaan yang layak membantu penduduk memperoleh manfaat urbanisasi. Jika pertumbuhan bergerak tanpa arah, biaya sosial dan ekologis akan meningkat. Proyeksi hingga 2045 sebaiknya digunakan sebagai alat mempersiapkan kebutuhan, bukan sebagai kepastian yang membenarkan ekspansi tanpa batas. Perencanaan perlu mempertahankan pilihan, menghindari aset terkunci pada lokasi berisiko, dan membangun kapasitas di kota-kota yang sedang bertumbuh.

Ketangguhan memerlukan keputusan sulit, terutama ketika perlindungan tidak dapat dilakukan tanpa batas atau ketika risiko residual terlalu tinggi. Keputusan semacam itu harus dibuat secara terbuka, berbasis bukti, dan menghormati

hak. Warga harus mengetahui asumsi, pilihan, dampak, dan jalur keberatan. Relokasi, pembatasan pembangunan, atau penyesuaian layanan tidak boleh menjadi cara memindahkan biaya kepada mereka yang paling sedikit berkontribusi terhadap risiko. Kebijakan yang adil akan lebih mampu memperoleh kepercayaan dan dukungan jangka panjang.

Tanggung jawab dibagi di antara pemerintah pusat dan daerah, perusahaan, lembaga keuangan, kampus, organisasi masyarakat, dan warga. Pembagian tersebut tidak berarti kewajiban menjadi kabur. Pemerintah bertanggung jawab atas tata ruang, layanan publik, perlindungan hak, serta koordinasi. Dunia usaha bertanggung jawab atas risiko dan dampak kegiatannya. Kampus membantu memperkuat bukti dan evaluasi. Komunitas turut menentukan prioritas dan mengawasi pelaksanaan. Kerja sama yang baik menghubungkan peran-peran itu melalui target yang dapat diperiksa, informasi yang dapat digunakan, dan mekanisme koreksi yang bekerja.

Pada akhirnya, kota tangguh iklim bukan status yang dapat diraih sekali lalu dipertahankan tanpa usaha. Ketangguhan merupakan proses politik dan sosial yang terus berkembang seiring perubahan bahaya, penduduk, teknologi, dan ekonomi. Ia menuntut pengelolaan aset, ekosistem, dan kelembagaan dengan orientasi jangka panjang sekaligus kemampuan mengambil tindakan segera. Kota yang mau belajar, membagikan manfaat, merawat sistem, dan memperbaiki ketimpangan memiliki peluang lebih baik untuk menghadapi masa depan. Itulah ukuran transformasi urbanisasi yang layak diperjuangkan: bukan pertumbuhan semata, melainkan kehidupan perkotaan yang lebih aman, sehat, adil, dan mampu bertahan tanpa mengorbankan generasi mendatang.

Kerangka diagnosis kota tangguh iklim

Tabel ini dapat digunakan sebagai titik awal penilaian. Indikator perlu disesuaikan dengan bahaya, skala pemerintahan, dan ketersediaan data setempat; satu nilai komposit tidak menggantikan pemeriksaan distribusi manfaat serta risiko.

Dimensi	**Pertanyaan kunci**	**Contoh bukti atau indikator**
Bahaya dan paparan	Bahaya apa yang mengancam orang, aset, dan layanan; di mana dan kapan?	Peta banjir/panas/pesisir; tren kejadian; inventaris aset dan penduduk terpapar.
Kerentanan dan keadilan	Kelompok mana menghadapi risiko lebih tinggi dan mengapa?	Akses air, mutu rumah, kesehatan, pendapatan, mobilitas, biaya pemulihan terpilah.
Layanan dan infrastruktur	Apakah layanan penting tetap berfungsi dan pulih?	Waktu gangguan/pemulihan; kapasitas cadangan; mutu pemeliharaan; aksesibilitas.
Ruang dan ekosistem	Apakah pembangunan menjaga ruang air dan fungsi ekologis?	Tutupan lahan; kanopi; daerah resapan; ruang banjir; kondisi pesisir dan sungai.
Tata kelola	Siapa mengambil keputusan, berkoordinasi, dan bertanggung jawab?	Pemilik sasaran; mekanisme lintas wilayah; keterlibatan warga; pengaduan dan tindak lanjut.
Pembiayaan dan pembelajaran	Apakah dana mencakup siklus hidup dan ada mekanisme koreksi?	Anggaran pemeliharaan; biaya siklus hidup; evaluasi

		hasil; tinjauan rencana berkala.

Glossarium

Adaptasi iklim: Penyesuaian sistem manusia atau alam terhadap dampak iklim aktual maupun yang diperkirakan untuk mengurangi kerugian atau memanfaatkan peluang.

Bahaya iklim: Kejadian atau tren fisik terkait iklim yang berpotensi menimbulkan dampak pada manusia, aset, layanan, atau ekosistem.

Dataran banjir: Ruang di sekitar sungai yang secara alami dapat tergenang dan berfungsi menampung atau mengalirkan air.

Daerah aliran sungai: Wilayah daratan yang mengalirkan air hujan menuju sungai atau badan air yang sama.

Ekuitas iklim: Prinsip bahwa manfaat, risiko, suara, dan sumber daya adaptasi dibagikan secara adil, dengan perhatian pada ketimpangan.

Gelombang panas: Periode suhu sangat tinggi yang berlangsung beberapa hari atau lebih, dengan definisi operasional yang bergantung pada konteks setempat.

Infrastruktur biru-hijau: Jaringan ruang air dan vegetasi yang dikelola untuk mendukung fungsi ekologis, kenyamanan, dan pengurangan risiko kota.

Infrastruktur kritis: Aset dan layanan yang gangguannya dapat berdampak luas pada keselamatan, kesehatan, ekonomi, atau fungsi pemerintahan.

Kapasitas adaptif: Kemampuan individu, organisasi, atau sistem untuk menyesuaikan diri, belajar, dan mengurangi dampak risiko.

Keadilan prosedural: Keadilan dalam proses pengambilan keputusan, termasuk akses informasi, partisipasi, representasi, dan mekanisme keberatan.

Kenaikan muka laut relatif: Perubahan ketinggian laut terhadap daratan setempat, yang dipengaruhi kenaikan muka laut global dan gerak vertikal daratan.

Kerentanan: Kecenderungan mengalami dampak buruk, dipengaruhi sensitivitas dan keterbatasan kapasitas untuk mengantisipasi, mengatasi, atau pulih.

Ketangguhan kota: Kemampuan sistem perkotaan mengantisipasi, menyerap, beradaptasi, pulih, dan berubah secara adil ketika menghadapi gangguan.

Kota spons: Pendekatan pengelolaan kota yang berupaya menahan, menyerap, menyimpan, dan menggunakan air hujan secara terintegrasi.

Maladaptasi: Tindakan yang meningkatkan risiko, kerentanan, emisi, atau ketimpangan, baik pada kelompok yang sama maupun kelompok/wilayah lain.

Mitigasi iklim: Upaya mengurangi emisi gas rumah kaca atau meningkatkan penyerapannya.

Paparan: Keberadaan manusia, aset, layanan, atau ekosistem di lokasi yang dapat terkena bahaya.

Penurunan muka tanah: Gerak turun permukaan daratan akibat faktor geologi atau kegiatan manusia; dapat meningkatkan genangan relatif di kawasan pesisir.

Periurban: Wilayah peralihan di sekitar kota yang memiliki ciri perkotaan dan perdesaan serta hubungan fungsional dengan pusat kota.

Risiko iklim: Potensi dampak merugikan yang timbul dari interaksi bahaya, paparan, kerentanan, dan kapasitas.

Solusi berbasis alam: Perlindungan, pemulihan, atau pengelolaan ekosistem untuk menjawab tantangan sosial sambil memberi manfaat bagi manusia dan keanekaragaman hayati.

Urbanisasi: Proses pertumbuhan dan perubahan penduduk, kegiatan, bentuk ruang, dan hubungan sosial-ekonomi perkotaan.

Wilayah metropolitan: Kawasan fungsional perkotaan yang menghubungkan pusat kota dan wilayah sekitarnya melintasi batas administrasi.

Daftar Pustaka

Bulkeley, H. (2010). Cities and the governing of climate change. *Annual Review of Environment and Resources, 35*, 229–253. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-072809-101747

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Cities, settlements and key infrastructure. In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Eds.), *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability* (pp. 907–1040). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844.008

Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning, 147*, 38–49. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011

OECD & United Nations Human Settlements Programme. (2022). *Intermediary cities and climate change: An opportunity for sustainable development*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/23508323-en

Perdinan, Fauzi, R., Fauzi, R. A., Arifin, H. S., Infrawan, D. Y. D., Setiawan, Y., Permatasari, P. A., Siahaan, L., Fathiarahmah, A., & Shahreza, M. (2026). Spatial prioritization of vegetation-based climate adaptation pathways in tropical megacity Jakarta, Indonesia. *Scientific Reports, 16*, Article 20857. https://doi.org/10.1038/s41598-026-50579-y

Republik Indonesia. (2007). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang. https://peraturan.bpk.go.id/Details/39908/uu-no-26-tahun-2007

Republik Indonesia. (2024). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 59 Tahun 2024 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional Tahun 2025–2045. https://peraturan.bpk.go.id/Details/299728/

Republik Indonesia. (2025). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2025 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional

Tahun 2025–2029. https://peraturan.bpk.go.id/Details/314638/perpres-no-12-tahun-2025

Satterthwaite, D., Archer, D., Colenbrander, S., Dodman, D., Hardoy, J., Mitlin, D., & Patel, S. (2020). Building resilience to climate change in informal settlements. *One Earth, 2*(2), 143–156. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.02.002

Wijaya, N. (2015). Climate change adaptation measures in the coastal city of Semarang, Indonesia: Current practices and performance. *Journal of Regional and City Planning, 26*(1), 28–42. https://doi.org/10.5614/jpwk.2015.26.1.4

World Bank. (2019). *Time to ACT: Realizing Indonesia's urban potential*. World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/3d3402fd-6763-5532-b2fc-dfd980c45f58

World Bank. (2023). *Indonesia country climate and development report*. World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/c6b1d872-f487-4579-be3a-3cb6ba55dffa

World Bank. (2026). *Cities and climate change: Indonesian cities at the forefront of climate and development*. World Bank. https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099042326085535481

World Bank. (2022). *Climate and disaster vulnerability context: Indonesia*. World Bank. https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/indonesia/vulnerability