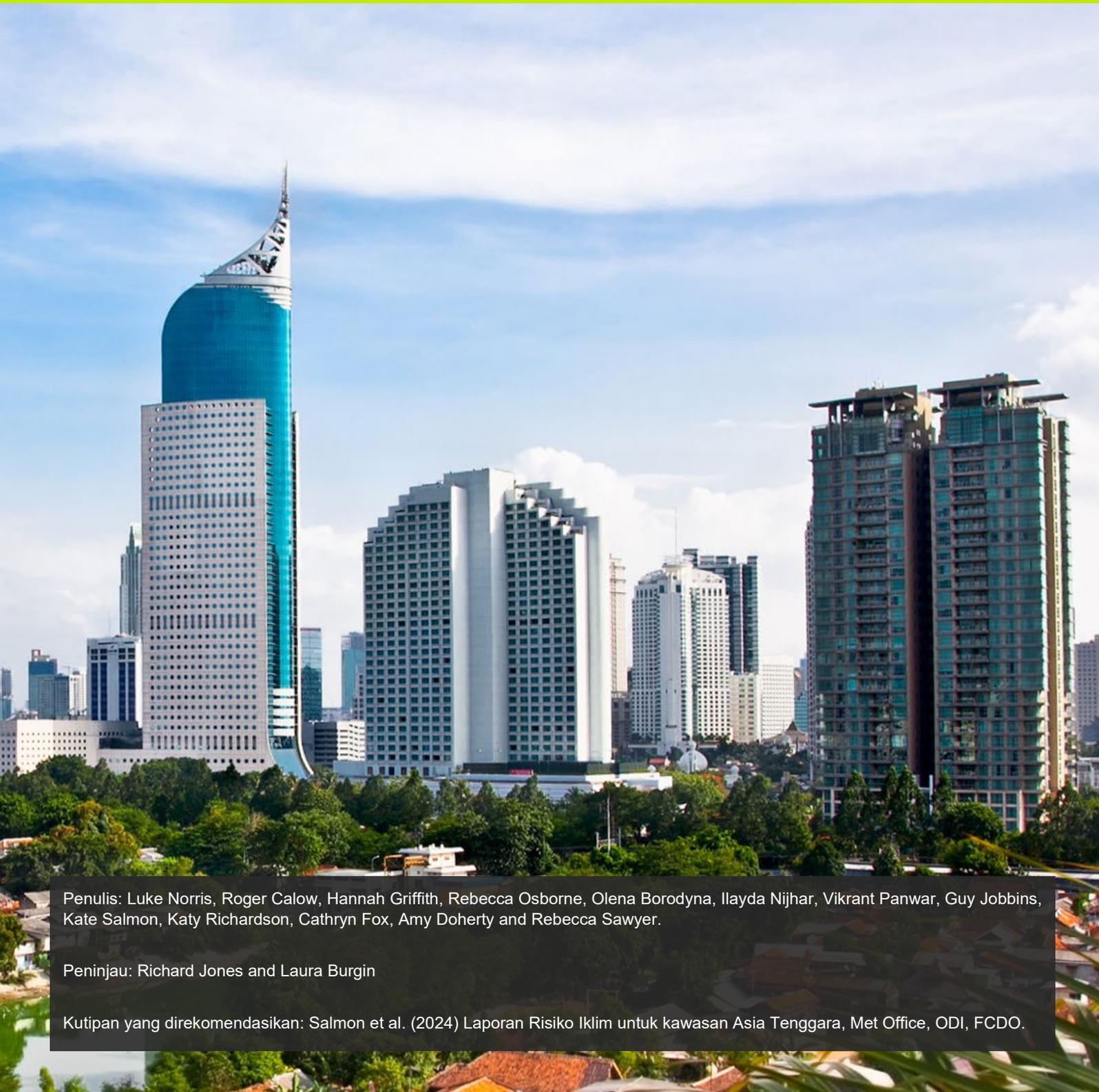


Laporan Risiko Iklim untuk kawasan Asia Tenggara



Penulis: Luke Norris, Roger Calow, Hannah Griffith, Rebecca Osborne, Olena Borodyna, Ilayda Nijhar, Vikrant Panwar, Guy Jobbins, Kate Salmon, Katy Richardson, Cathryn Fox, Amy Doherty and Rebecca Sawyer.

Peninjau: Richard Jones and Laura Burgin

Kutipan yang direkomendasikan: Salmon et al. (2024) Laporan Risiko Iklim untuk kawasan Asia Tenggara, Met Office, ODI, FCDO.

Image location: Jakarta, Indonesia

Ringkasan Eksekutif Asia Tenggara

Asia Tenggara sudah mendapat perhatian terkait perubahan iklim dan dampaknya dalam skenario bisnis seperti biasa. Dan hal ini harus dipertimbangkan untuk memastikan perencanaan pembangunan yang tangguh terhadap iklim. Laporan ini menganalisis risiko utama perubahan iklim di seluruh wilayah Asia Tenggara hingga tahun 2050-an. Risiko dianalisis berdasarkan tujuh tema yang diidentifikasi sebagai prioritas dalam konteks pembangunan untuk FCDO: (1) **pertanian dan ketahanan pangan**; (2) **sumber daya air dan layanan yang bergantung pada air**; (3) **kesehatan**; (4) **infrastruktur dan permukiman**; (5) **energi**; (6) **lingkungan**; dan (7) **ekonomi biru dan lingkungan laut**. Tema-tema ini bukanlah daftar lengkap dari semua risiko iklim yang mungkin terjadi. Selain itu, banyak risiko saling terkait di antaranya yang ditandai di bagian-bagian berikut.

Dalam laporan ini, Asia Tenggara meliputi **Brunei Darussalam, Kamboja, Indonesia, Republik Demokratik Rakyat Laos (RDRL), Malaysia, Myanmar, Filipina, Singapura, Thailand, Timor Leste, dan Vietnam**. Perubahan iklim hanyalah salah satu dari beberapa risiko terhadap sumber daya, mata pencaharian, ekonomi, dan ekosistem. Asia Tenggara adalah kawasan yang dinamis, yang mengalami pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan transformasi ekonomi yang cepat. Jadipenilaian risiko iklim hanya memberikan gambaran sebagian tentang banyak pendorong perubahan yang membentuk hasil pembangunan. Risiko utama terkait iklim untuk Asia Tenggara telah diidentifikasi dengan mempertimbangkan bagaimana iklim saat ini berinteraksi dengan kondisi sosial ekonomi yang mendasarinya, dan kemudian menilai bagaimana risiko dapat berkembang hingga tahun 2050-an seiring perubahan kondisi iklim dan sosial ekonomi. Melihat 'gambaran lengkap yang mencakup gabungan risiko, risiko yang saling terkait dan mendorong perubahan akan tetap penting bagi mereka yang bertugas merancang, memantau, dan mengevaluasi program pembangunan. Bagian 2.1 dan konteks di Bagian 3 memberikan informasi latar belakang tentang kondisi dan kerentanan sosial ekonomi. Yang terpenting, sebagian besar risiko yang diidentifikasi dalam laporan ini bukanlah hal baru bagi kawasan tersebut. Namun, frekuensi, tingkat keparahan, dan distribusi risiko tersebut berubah seiring perubahan kondisi iklim dan perkembangan ekonomi.

Asia Tenggara mengalami iklim maritim di bagian selatan dan iklim tropis di bagian utara. Daerah paling utara wilayah ini dan timur laut Thailand mengalami iklim yang lebih sedang.

Rata-rata wilayah di Asia Tenggara telah menghangat hingga 0,5 °C dari tahun 1980 hingga 2015. Frekuensi iklim hangat di malam hari semakin sering, dan frekuensi iklim dingin pada siang dan malam hari telah berkurang. Suhu akan meningkat rata-rata 1,1 °C pada tahun 2050-an* di bawah skenario emisi sedang dan kemungkinan meningkat hingga 3,5 °C di bawah emisi tinggi dibandingkan garis dasar tahun 1981-2010. Intensitas, jumlah, dan durasi hari yang sangat panas akan meningkat di wilayah Asia Tenggara dan gelombang panas yang lembap kemungkinan akan menjadi bahaya yang semakin meningkat di Asia Tenggara Maritim.

Telah terjadi tren hari kering baru-baru ini di sebagian besar wilayah, terutama di dataran tinggi utara. Kecuali Vietnam selatan, Myanmar selatan, dan Republik Demokratik Rakyat Laos selatan yang mengalami tren hari basah. Berbeda dengan tren hari kering, curah hujan tahunan diperkirakan meningkat di seluruh wilayah ini, dan paling tinggi di Myanmar, Thailand utara, dan Republik Demokratik Rakyat Laos utara selama musim hujan barat daya (Juni hingga Oktober). Beberapa perkiraan menunjukkan tren hari kering di Timor Leste dan Indonesia selatan di luar musim hujan utama (April hingga Oktober). Frekuensi hujan lebat akan meningkat.

Wilayah pesisir sudah mengalami kenaikan permukaan air laut, peningkatan suhu permukaan laut, pengasaman, dan gelombang panas laut. Semua tren ini akan terus berlanjut. Suhu permukaan laut akan meningkat rata-rata 0,7 °C selambatnya tahun 2050-an dalam skenario emisi rendah dan 1,2 °C dalam skenario emisi tinggi, relatif terhadap garis dasar tahun 1995-2014. Tahun 2050-an, permukaan laut akan naik 0,2-0,3 m terlepas

dari skenario emisi, dibandingkan garis dasar tahun 1995-2014. Topan terkuat diperkirakan akan meningkat intensitasnya.

Pertanian dan Ketahanan Pangan (Bagian 3.1) rentan terhadap perubahan iklim karena sebagian besar tanaman di wilayah tersebut merupakan tanaman tadah hujan, sehingga keberhasilan atau kegagalan pertanian sangat ditentukan oleh cuaca. Meskipun produksi pertanian kini menyumbang proporsi PDB yang relatif rendah di sebagian besar negara, sekitar 50% penduduk wilayah tersebut masih tinggal di daerah pedesaan dan menggantungkan hidup secara langsung atau tidak langsung pada ekonomi pertanian.

Hasil panen sebagian besar tanaman pangan diproyeksikan menurun tanpa adanya adaptasi akibat meningkatnya suhu, suhu panas ekstrem, banjir; salinitasi tanah dan air di wilayah delta, (3.1.2). Pertanian di sebagian besar Asia Tenggara berdasarkan pada produksi beras, sering kali dalam sistem tumpangsari, di mana wilayah tersebut masing-masing menyumbang 26% dan 40% dari produksi dan impor beras global. Namun, hasil panen padi diperkirakan menurun hingga 3-10% pada tahun 2050-an, dan penurunan terbesar diperkirakan terjadi di Kamboja, Myanmar, dan Vietnam. Tekanan panas dan kelembapan juga akan menjadi masalah yang semakin besar bagi pekerja pertanian, yang menyebabkan penurunan kapasitas tenaga kerja yang dapat merusak produktivitas pertanian (3.1.5). Meskipun demikian, Asia Tenggara masih menghasilkan surplus bersih untuk beras, dan ada kesempatan untuk meningkatkan hasil panen pertanian dan mengurangi emisi gas rumah kaca melalui perbaikan sistem dan praktik pertanian.

Akuakultur memainkan peran yang semakin penting dalam memenuhi kebutuhan pangan dan pendapatan serta menghasilkan pendapatan ekspor, tetapi terancam oleh meningkatnya suhu dan gelombang badai akibat siklon (3.1.3). Transisi dari pertanian padi ke akuakultur paling menonjol di delta-delta wilayah tersebut, sebagian sebagai respons terhadap kenaikan permukaan air laut akibat iklim dan salinitasi tanah, yang diperburuk oleh penurunan tanah. Produksi akuakultur telah meningkat 7-11 kali lipat di Vietnam, Indonesia, dan Myanmar selama 20 tahun terakhir, tetapi penebangan hutan *mangrove* untuk tambak akuakultur telah meningkatkan paparan pesisir terhadap siklon dan gelombang badai (3.7.2). Akibatnya, sekitar 30% wilayah akuakultur mungkin tidak cocok untuk pertanian pada tahun 2050-2070.

Ketidakamanan pangan dapat meningkat karena produksi pertanian dan harga pangan menjadi lebih tidak stabil, dengan potensi kenaikan harga jangka panjang yang dapat merusak keterjangkauan pangan bagi kelompok termiskin (3.1.6). Kelompok termiskin ini terutama terdiri dari konsumen bersih untuk pangan: petani subsisten yang menanam sebagian besar makanan mereka di lahan tadah hujan petak kecil dan terkonsentrasi di Myanmar, Kamboja, dan Indonesia; dan semakin banyak penduduk miskin di perkotaan bergantung pada pekerja upahan informal untuk membeli kebutuhan pokok, rentan terhadap ketidakpastian ketersediaan pekerjaan dan biaya pangan. Di seluruh wilayah ini, sekitar 54% penduduk tidak mampu membeli makanan sehat yang diperkirakan membutuhkan biaya sekitar AS\$4/hari. Di Indonesia, konsumen sudah membayar harga termahal untuk membeli bahan pokok dan makanan bergizi, dan ketidakstabilan harga dikaitkan dengan prevalensi *stunting* anak (gizi buruk). Di daerah, penurunan hasil pertanian dan harga pangan lebih mahal dapat menghambat kemajuan menuju SDG2: Mengakhiri kelaparan, mencapai ketahanan pangan dan peningkatan gizi, dan mendukung pertanian berkelanjutan.

Banyak dampak perubahan iklim akan dialami melalui Sumber Daya Air dan Layanan yang Bergantung pada Air di kawasan ini (Bagian 3.2) karena curah hujan jauh lebih bervariasi dan intensitas curah hujan lebih deras akan lebih menyulitkan pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya air untuk berbagai pengguna dan penggunaan. Asia Tenggara memiliki sumber daya air tawar yang melimpah tetapi kekurangan penyimpanan air dan distribusi yang dibutuhkan untuk memperlancar variasi pasokan setelah beberapa waktu antar wilayah akan semakin menghambat pertumbuhan ekonomi. Di Indonesia, kurang lebih separuh dari PDB berasal dari daerah aliran sungai yang mengalami stres air yang parah atau tinggi di musim kemarau; kelangkaan air berkala diperkirakan akan

menyebabkan penurunan PDB 2,5% pada tahun 2045 jika tidak ada investasi untuk penyimpanan dan distribusi air guna menopang variabilitas pasokan (3.2.2, 3.2.4).

Tekanan untuk memenuhi persaingan permintaan air sudah terlihat di Lower Mekong Basin (Myanmar, Thailand, Republik Demokratik Rakyat Laos, Kamboja, Vietnam) yang diperkirakan akan dihuni oleh 100 juta penduduk pada tahun 2050 (3.2.2). Lower Mekong Basin adalah daerah penghasil beras dan ikan yang signifikan di dunia, dan kapasitas pembangkit listrik tenaga air yang terpasang diperkirakan akan meningkat tiga kali lipat pada tahun 2050. Sungai Mekong juga membawa sedimen dan nutrisi yang berperan penting dalam menstabilkan lahan delta dan mata pencaharian, dan alirannya membantu membilas garam dari tanah delta. Meskipun perubahan aliran sungai di masa depan sebagian besar akan disebabkan oleh pembangunan bendungan dan pengalihan irigasi, perubahan iklim kemungkinan akan memperkuat variabilitas aliran di berbagai negara, dengan aliran puncak lebih tinggi dan banjir yang lebih merusak pada tahun 2050-an. Biaya tahunan rata-rata akibat banjir di Lower Mekong Basin berkisar AS\$60-70 juta, di mana Kamboja dan Vietnam biasanya menyerap dua pertiga dari kerusakan. Seiring meningkatnya variabilitas aliran dan permintaan, pengoperasian bendungan mungkin perlu beralih ke pengendalian banjir selain menjaga aliran sedimen dan aliran pembilasan garam ke delta. Ini akan membutuhkan kerja sama lebih besar antara negara-negara hulu dan hilir untuk mengatasi pertukaran dan memungkinkan banyak negara mencapai SDG6: Ketersediaan dan pengelolaan air dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua orang.

Kontaminasi air yang disebabkan oleh banjir bandang dan suhu yang lebih tinggi merupakan risiko yang semakin besar terhadap kualitas dan kesehatan air minum, terutama di tempat-tempat yang kurang mendapatkan akses ke air dan sanitasi yang dikelola dengan aman, misalnya di Republik Demokratik Rakyat Laos, Kamboja, dan Indonesia (3.2.3, 3.3.4, 3.3.5). Air tanah menyediakan lebih dari 60% pasokan air domestik di seluruh Asia Tenggara, dan perannya sebagai 'penyangga' penyimpanan untuk semua sektor mungkin akan meningkat. Meskipun sumber daya air tanah terlindungi sampai batas tertentu dari kontaminasi, peristiwa curah hujan yang lebih deras dan banjir bandang dapat merusak atau menghancurkan jamban dan menyebarkan tinja maupun polutan lainnya ke sumber air yang dibangun dengan buruk, sungai, dan lingkungan yang lebih luas. Suhu air yang lebih tinggi dan kekeringan yang lebih intens juga menimbulkan risiko: misalnya, suhu air lebih tinggi dapat merangsang pertumbuhan ganggang beracun, dan kekeringan dapat mengurangi kapasitas sungai untuk mengencerkan, melemahkan, dan menghilangkan polusi. Risiko terhadap kualitas air dan kesehatan akan paling cepat meningkat di daerah perkotaan yang berkembang pesat dan berisiko tinggi terhadap banjir, khususnya di permukiman informal yang tidak memiliki drainase maupun pengelolaan limbah tinja yang efektif (lihat juga Bagian 3.3 tentang Kesehatan).

Dampak Kesehatan (Bagian 3.3) yang sensitif terhadap perubahan iklim di kawasan Asia Tenggara mencakup stres panas dan kematian akibat panas, diare dan penyakit yang ditularkan melalui air, kekurangan gizi, penyakit yang ditularkan melalui vektor, dan kondisi kesehatan yang terkait dengan polusi udara. Risiko akan tersebar tidak merata, memperburuk ketimpangan kesehatan yang terkait dengan status ekonomi, lokasi, jenis kelamin, dan usia. Banyak jalur yang menghubungkan variabel iklim dengan kesehatan manusia bersifat tidak langsung dan sulit diukur, tetapi yang paling signifikan bagi kawasan tersebut kemungkinan besar adalah kematian akibat stres panas/ panas dan kekurangan gizi. Kekurangan gizi terkait erat dengan diare dan penyakit yang ditularkan melalui air. Jika digabungkan, risiko-risiko ini dapat mengakibatkan lebih dari 10.000 kematian tambahan per tahun dan menghambat kemajuan menuju SDG3: *Memastikan kehidupan yang sehat dan meningkatkan kesejahteraan untuk semua orang di segala usia.*

Asia Tenggara Kontinental akan mengalami salah satu paparan kumulatif tertinggi terhadap peristiwa gelombang panas dan kematian terkait panas di kawasan global mana pun (3.3.6). Kombinasi panas dan kelembapan menimbulkan risiko terbesar bagi kesehatan. Orang tua, bayi, ibu hamil, orang yang tinggal di permukiman informal, dan mereka yang terlibat dalam pekerjaan manual di luar ruangan adalah yang paling rentan. Suhu yang lebih tinggi dan gelombang panas juga dapat berkontribusi terhadap

pembentukan ozon udara yang berbahaya, serta kebakaran hutan dan kebakaran gambut – yang sebagian besar berasal dari Indonesia dan Malaysia - yang menyebabkan kabut asap lintas batas maupun berbagai masalah pernapasan, kardiovaskular, dan saraf. Polusi udara di luar dan di dalam ruangan sudah menjadi salah satu penyebab utama kematian dan penyakit di kawasan tersebut.

Prevalensi diare dan penyakit yang ditularkan melalui air, sebagai kontributor utama bagi kekurangan gizi, juga diperkirakan akan meningkat karena suhu yang lebih tinggi dan banjir dapat mempercepat pertumbuhan dan penyebaran patogen berbahaya (3.3.4, 3.3.5). Asia Tenggara sudah memiliki salah satu tingkat kekurangan gizi (anak balita pendek/stunting) tertinggi di dunia sebesar 26%, di mana 14 juta anak di bawah lima tahun menghadapi defisit fisik dan kognitif seumur hidup sebagai akibatnya. Tingkat penyakit diare dan kekurangan gizi tertinggi terjadi di Timor Leste, Indonesia, dan Republik Demokratik Rakyat Laos, yang terkait erat dengan air yang tidak aman, sanitasi, dan kebersihan. Kekurangan gizi juga disebabkan oleh ketidakamanan pangan terkait penurunan hasil pertanian dan potensi harga pangan yang lebih tinggi dan lebih tidak stabil (3.1.6). Gabungan risiko di atas akan menghambat kemajuan menuju SDG2: Mengakhiri kelaparan dan meningkatkan gizi.

Musim, jangkauan, dan reproduksi penyakit yang ditularkan melalui vektor seperti malaria dan demam berdarah juga akan dipengaruhi oleh meningkatnya suhu dan perubahan pola curah hujan (3.3.3), yang menyoroti perlunya peningkatan pengawasan terhadap kesehatan masyarakat dan pengendalian vektor. Di hampir semua negara, kasus infeksi malaria dan kematian telah menurun dalam beberapa dekade terakhir meskipun kondisi iklim semakin mendukung penyebaran penyakit. Selama dekade terakhir, total kasus malaria (regional) dan kematian telah turun hingga 76%, di mana sebagian besar terjadi di Myanmar dan Indonesia. Daerah yang cocok untuk penularan demam berdarah diperkirakan akan meningkat di seluruh Asia, meskipun infeksi sering kali tidak bergejala atau hanya mengakibatkan penyakit ringan.

Risiko terhadap Infrastruktur dan Permukiman (Bagian 3.4) di Asia Tenggara muncul akibat iklim ekstrem dan perubahan yang terjadi lebih lambat dalam kondisi iklim yang mengancam aset, sistem, dan layanan. Dampaknya dapat menyebar ke seluruh sektor ekonomi, wilayah, dan kelompok penduduk karena sistem tenaga listrik, transportasi, dan komunikasi saling terhubung, sehingga menekankan *Perlunya membangun infrastruktur yang tangguh, mendorong industrialisasi yang inklusif dan berkelanjutan, dan mendorong inovasi (SDG9) Menjadikan kota maupun permukiman manusia inklusif, aman, tangguh, dan berkelanjutan (SDG11).*

Risiko iklim dan kemiskinan akan semakin terjadi bersamaan di kota-kota yang bertumbuh cepat, terutama di permukiman informal yang lebih rentan terhadap banjir dan panas ekstrem. Lebih dari 50% di antara 690 juta penduduk wilayah tersebut sekarang tinggal di daerah perkotaan, dan kemungkinan akan meningkat menjadi lebih dari 60% pada tahun 2050. Setidaknya 20% dari penduduk perkotaan tinggal di permukiman informal yang minimal tidak memiliki satu layanan dasar, yang terparah di Myanmar (58%), Filipina (37%) dan Indonesia (20%). Peristiwa curah hujan lebih lebat akan meningkatkan risiko banjir bandang dan pencemaran lingkungan di daerah dataran rendah, terutama yang tidak memiliki drainase yang memadai dan pengelolaan limbah tinja (3.3.4). Lebih dari 20 juta penduduk perkotaan sudah berisiko tinggi terkena banjir bandang, terutama di Vietnam (10 juta), Kamboja (4 juta), dan Indonesia (3 juta).

Di wilayah pesisir yang padat penduduk, risiko terhadap infrastruktur dan permukiman diperkuat oleh siklon, gelombang badai, dan kenaikan permukaan laut. Vietnam memiliki 300 kota pesisir dataran rendah yang semakin terdampak oleh siklon, gelombang badai, dan banjir sungai, di mana sekitar sepertiganya terletak di garis pantai yang mengalami erosi. Sekitar 6-12 juta penduduk di delta Mekong Vietnam mungkin akan terdampak oleh banjir pesisir pada tahun 2070-2100 tanpa adaptasi yang efektif, yang berpotensi mengurangi PDB lebih dari 2%. Sekitar 18% penduduk Indonesia tinggal di wilayah pesisir dataran rendah, menjadikannya salah satu wilayah 'berisiko' terbesar di dunia. 0,8-2,5 juta penduduk Indonesia dapat terdampak oleh banjir sungai ekstrem yang

diperparah oleh pasang surut dan gelombang badai pada tahun 2035–2044. Kota-kota pesisir yang mengalami perubahan tercepat pada permukaan laut relatif di kawasan ini, yang terutama disebabkan oleh penurunan tanah tetapi diperburuk oleh kenaikan permukaan laut akibat iklim, adalah Kota Ho Chi Minh (Vietnam), Yangon (Myanmar), dan Jakarta (Indonesia).

Jaringan transportasi, infrastruktur pelabuhan, dan perdagangan maritim di Asia Tenggara juga rentan terhadap iklim ekstrem, terutama curah hujan yang tinggi, banjir, dan siklon (3.4.3, 3.4.5). Banjir, dan siklon yang tidak terlalu parah telah mengakibatkan kerusakan tahunan sekitar AS\$2,2 miliar terhadap infrastruktur jalan raya dan rel regional. Secara absolut, kerusakan tahunan pada transportasi akibat banjir dan siklon adalah yang tertinggi di Indonesia, Vietnam, dan Filipina karena kerugian PDB tertinggi terjadi di Myanmar dan Republik Demokratik Rakyat Laos. Pelabuhan pesisir dan perdagangan maritim juga dapat mengalami kerugian besar, karena banyak pelabuhan regional telah terpapar bahaya terkait iklim yang melampaui standar desain operasional. Risiko di pelabuhan saat ini dialami oleh 18 pelabuhan di Filipina sejumlah sekitar AS\$196 juta/tahun dengan efek berantai pada perdagangan maritim, yang terutama disebabkan oleh siklon dan dampaknya pada pengoperasian pengiriman pelabuhan.

Guncangan dan tren terkait iklim dapat berkontribusi pada peningkatan dan penurunan migrasi, tanpa tren keseluruhan yang jelas untuk wilayah tersebut. Proyeksi hingga tahun 2050-an menyoroti sub wilayah Mekong bagian bawah sebagai potensi titik rawan *migrasi keluar*, dengan kenaikan permukaan laut dan gelombang badai yang merusak mata pencaharian pertanian di delta Mekong. Namun, mobilitas penduduk didorong oleh banyak faktor yang berbeda, tanpa rantai kausalitas sederhana atau estimasi kuat migrasi akibat iklim yang disetujui secara luas.

Akses terhadap Energi (Bagian 3.5) telah membaik di seluruh kawasan ini, tetapi perubahan iklim akan berdampak negatif secara luas pada pasokan energi dan akan meningkatkan permintaan keseluruhan dan permintaan puncak. Semua, kecuali dua negara (Myanmar dan Kamboja), telah mendapatkan akses listrik yang hamper bersamaan, tetapi menutup kesenjangan yang tersisa dalam penyediaan bahan bakar memasak bersih, sehingga meningkatkan porsi energi terbarukan dalam pembangkitan listrik, dan meminimalkan risiko pembangkitan dan distribusi listrik dari perubahan iklim akan diperlukan untuk mencapai SDG7: *Memastikan akses terhadap energi yang terjangkau, andal, berkelanjutan, dan modern untuk semua.*

Produksi listrik regional didominasi oleh pembangkitan termoelektrik dari bahan bakar fosil dan tenaga air, keduanya berdasarkan pada investasi jangka panjang yang besar dalam infrastruktur tetap yang sensitif terhadap perubahan ketersediaan air (3.5.2). Produksi listrik dari pembangkit listrik termal (terutama gas dan batu bara) masih mendominasi bauran energi di semua negara kecuali Republik Demokratik Rakyat Laos dan Kamboja. Data tingkat negara masih terbatas, tetapi wilayah tersebut kemungkinan akan mengalami pengurangan kapasitas pembangkitan termoelektrik yang dapat digunakan akibat keterbatasan air, yang sebagian disebabkan oleh pasokan air yang lebih bervariasi (3.2.2; 3.5.2). Tenaga air memainkan peran yang semakin penting dalam produksi listrik di negara-negara Hilir Mekong, terutama Republik Demokratik Rakyat Laos (70%), Kamboja (46%), Myanmar (40%) dan Vietnam (30%), dengan kapasitas tenaga air terpasang di sepanjang Mekong diperkirakan akan meningkat tiga kali lipat pada tahun 2040. Risiko terhadap tenaga air ditimbulkan oleh variabilitas aliran sungai yang lebih besar hingga tahun 2050-an dan kebutuhan untuk menyeimbangkan pembangkitan listrik dengan prioritas (lintas batas) lainnya, termasuk pemeliharaan layanan lingkungan, aliran sedimen dan aliran pembilasan garam ke delta hilir, dan pengelolaan banjir (3.5.2).

Proyek tenaga surya dan angin dapat dikembangkan secara bertahap untuk memenuhi permintaan, sehingga risiko terkuncinya kerentanan iklim menjadi kurang signifikan (3.5.2). Tenaga surya dan angin masih relatif kurang berkembang di kawasan tersebut, meskipun Indonesia dan Vietnam termasuk di antara negara-negara yang ingin memanfaatkan potensinya. Output daya dari proyek tenaga surya di daratan maupun yang mengambang akan sensitif terhadap perubahan frekuensi kondisi yang sangat hangat,

berawan, dan/atau berkabut, tetapi dampak regional hingga tahun 2050-an kemungkinan akan kecil (+/-5%). Infrastruktur tenaga surya dapat rusak oleh badai dan angin kencang, meskipun sistem dapat diperkuat dengan biaya premium. Tenaga angin di darat dan lepas pantai juga dapat terganggu atau rusak oleh angin kencang yang terkait dengan siklon yang lebih kuat meskipun adaptasi tersedia – lagi-lagi dengan biaya yang lebih tinggi. Di Filipina, turbin angin kelas topan yang lebih mahal akan dibutuhkan untuk banyak lokasi; namun di beberapa daerah, kecepatan angin yang sangat tinggi kemungkinan akan menghalangi tenaga angin seratus persen.

Infrastruktur distribusi listrik akan terganggu atau rusak akibat meningkatnya suhu, gelombang panas, banjir, dan angin kencang (3.5.3). Iklim ekstrem menimbulkan risiko terbesar bagi distribusi listrik. Pada tahun 2022, Topan Super Rai merusak saluran listrik utama dan mengganggu pasokan listrik ke lebih dari 116 kota dan kotamadya di Filipina yang menyebabkan pemadaman yang menghambat upaya bantuan dan mematikan pasokan air yang bergantung pada listrik. Meningkatnya suhu dan gelombang panas juga akan menurunkan kapasitas generator, gardu induk, dan saluran transmisi. Bukti regional terbatas, tetapi penelitian yang lebih luas memperkirakan pengurangan kapasitas sebesar 2-27%, tergantung pada komponennya, selama gelombang panas yang lebih intens. Sistem yang lebih tangguh (untuk listrik, air, dan sanitasi) akan semakin menjadi sistem yang tidak memiliki titik kegagalan 'kritis jaringan', dan yang menggabungkan berbagai sumber energi yang tersebar di berbagai jaringan - pintar, mini, dan hibrida.

Konsumsi energi regional diperkirakan akan meningkat hingga lebih dari 250% pada tahun 2050-an, dengan permintaan untuk pendinginan diperkirakan akan melonjak seiring meningkatnya suhu (3.5.4). Pada tahun 2050-an, permintaan pendinginan dapat mencapai 30-40% dari beban listrik puncak musim panas, yang sebagian besar didorong oleh penggunaan AC karena suhu yang lebih hangat, gelombang panas, dan peningkatan pendapatan. Jumlah unit AC di wilayah tersebut dapat meningkat dari 40 juta (2017) menjadi 300 juta pada tahun 2040, sekitar separuhnya di Indonesia. Permintaan yang lebih tinggi akan memerlukan peningkatan fleksibilitas sistem tenaga listrik di seluruh wilayah tersebut untuk mengakomodasi peningkatan porsi energi terbarukan, mengelola intermitensi, dan menangani beban puncak musim panas. Masih belum jelas apakah rencana dan proyeksi energi oleh pemerintah memperhitungkan peningkatan suhu dan gelombang panas.

Tekanan terhadap Lingkungan (Bagian 3.6) di Asia Tenggara terutama disebabkan oleh perluasan pertanian dan perambahan perkotaan, tetapi meningkatnya suhu dan panas ekstrem akan mengakibatkan tekanan tambahan pada sisa habitat. Asia Tenggara adalah salah satu wilayah dengan keanekaragaman hayati tertinggi di dunia, termasuk berbagai wilayah besar yang termasuk dalam 10 titik panas keanekaragaman hayati teratas di dunia untuk yang tak tergantikan - Indo-Burma (Kamboja, Republik Demokratik Rakyat Laos, Myanmar, Thailand, Vietnam), Paparan Sunda/Sundaland (Indonesia), Wallacea (Indonesia), dan Filipina (3.6.1). Namun, wilayah yang sama juga termasuk dalam lima teratas untuk ancaman titik panas dari perluasan pertanian, perambahan perkotaan, pertambangan, produksi biofuel, dan perdagangan satwa liar ilegal. Di seluruh wilayah ini, tutupan hutan menurun hingga lebih dari 10% pada 1990-2015, dan wilayah titik panas menjadi semakin terfragmentasi. Kebutuhan menanam lebih banyak makanan dan mengimbangi pengurangan produktivitas tanaman akibat iklim (3.1.2) dapat mempercepat perluasan pertanian ke habitat alami.

Perubahan iklim, khususnya meningkatnya suhu dan panas ekstrem, menciptakan tekanan tambahan pada ekosistem yang rapuh, meskipun bukti dasar tentang sensitivitas iklim dan jalur dampak – untuk spesies individu dan interaksi/kombinasi spesies – masih terbatas (3.6.2, 3.6.3). Pergeseran batas bioma ke utara dan pergeseran garis pepohonan pegunungan ke atas di Asia Tenggara diperkirakan terjadi karena meningkatnya suhu. Pergeseran ke atas dalam elevasi zona bioklimatik, penurunan zona elevasi tertinggi, dan perluasan zona tropis dan subtropis yang lebih rendah diperkirakan terjadi pada tahun 2050-an. Ekosistem yang terfragmentasi secara alami atau karena kerusakan habitat kemungkinan besar paling berisiko mengalami kerugian akibat iklim.

Karena spesies yang tidak dapat bertahan hidup akibat perubahan iklim dapat punah di kawasan regional jika tidak dapat menyebar atau bermigrasi, misalnya dengan bergerak di sepanjang gradien elevasi yang memungkinkan mereka melacak perubahan suhu.

Risiko matinya hutan akibat kekeringan dan kebakaran hutan kemungkinan akan meningkat, sehingga meningkatkan tekanan pada habitat yang lebih terfragmentasi (3.6.2, 3.6.3). Luas tutupan hutan Asia Tenggara telah menurun sekitar 13% pada tahun 1990- 2015 akibat pembukaan lahan untuk pertanian dan penggunaan lainnya. Asia Tenggara merupakan rumah bagi hampir 15% hutan tropis dunia, yang mendukung keanekaragaman hayati tropis yang signifikan secara global dan stok karbon hutan di atas tanah, tetapi wilayah ini juga salah satu titik panas terbesar di dunia yang mengalami pengundulan hutan dan hilangnya keanekaragaman hayati.

Pemerintah dan para mitra pembangunan mereka semakin berminat pada solusi berbasis alam untuk mengatasi berbagai masalah mitigasi dan adaptasi iklim. Dan negara-negara seperti Vietnam dan Kamboja telah meningkatkan pendekatan berbasis alam dalam dokumen kebijakan nasional. Namun **implementasi di seluruh Asia Tenggara tampak lambat**, dan dasar **bukti** dampak berskala besar, dan seiring waktu, masih terbatas. Singapura sudah lama mengimplementasikan pendekatan berbasis alam di perkotaan untuk pengendalian banjir di daerah perkotaan, yang memberikan pelajaran tentang perencanaan perkotaan untuk permukiman perkotaan yang berkembang pesat di Singapura.

Peran peningkatan suhu dan panas ekstrem dapat memengaruhi cakupan lahan basah, kesehatan lahan basah, dan kepadatan; dan durasi kebakaran gambut tidak pasti meskipun kondisi cuaca kering dan panas akibat peristiwa ENSO yang lebih intens dapat meningkatkan ancaman (3.6.2, 3.6.3). Lahan basah menyediakan makanan dan serat bagi masyarakat lokal, membantu mengatur aliran air dan kualitas air, serta menangkap dan menyimpan karbon. Menurut penelitian global, pelestarian dan pemulihan lahan basah dapat mengurangi emisi gas rumah kaca utama. Indonesia mencakup hampir 50% dari total luas lahan basah di Asia Tenggara, termasuk hutan paya tropis dan rawa gambut di bawahnya. Penebangan dan pembakaran pohon, dan gambut di bawahnya di Indonesia dan Malaysia, telah melepaskan sejumlah besar gas rumah kaca dan menciptakan kabut asap lintas batas. Di Indonesia, kebakaran lahan gambut menyumbang sekitar 8% dari emisi karbon kebakaran global pada tahun 1997-2016. Kebijakan konservasi hutan dan lahan gambut sekarang sedang dilaksanakan di Indonesia dan Malaysia.

Meskipun **banyak negara Asia Tenggara memenuhi jadwal untuk mencapai target UN-Aichi bagi kawasan lindung, batas-batas mungkin perlu diubah untuk mengamankan habitat spesies dan mempermudah migrasi/penyebaran spesies di saat bioma bergeser ke utara**. Penerapan intervensi berbasis alam dan kredit karbon menawarkan satu jalan ke depan, dengan perkiraan yang menunjukkan bahwa sekitar 58% hutan di Asia Tenggara yang terancam kehilangan hutan dapat dilindungi sebagai proyek karbon yang layak secara finansial. Tanpa pengelolaan lingkungan yang proaktif dan eksplorasi peluang baru untuk kredit karbon berbasis alam, kemajuan menuju SDG15 untuk *menghentikan dan membalikkan degradasi lahan dan menghentikan hilangnya keanekaragaman hayati* kemungkinan akan terancam.

Di antara 10 negara anggota ASEAN, sekitar 625 juta penduduk bergantung pada Ekonomi Biru dan Lingkungan Laut (Bagian 3.7) untuk mata pencaharian mereka, namun habitat utama sedang terkuras atau terdegradasi akibat penangkapan ikan yang berlebihan, pengundulan hutan, polusi, dan pembangunan pesisir yang tidak diatur, dengan tekanan yang semakin kuat akibat perubahan iklim. Asia Tenggara jauh lebih bergantung pada ekonomi biru dan lingkungan lautnya daripada sebagian besar kawasan global lainnya. Negara-negara ASEAN menyumbang 15% dari produksi ikan global, 34% dari tutupan terumbu karang, 35% dari hutan bakau, dan 33% dari padang

lamun (3.7.2). Meskipun layanan ini memberikan manfaat lingkungan dan ekonomi, habitat utama sedang terkuras atau terdegradasi akibat penangkapan ikan berlebihan, penggundulan hutan, polusi, dan pembangunan pesisir yang tidak diatur. Bahaya iklim, khususnya pemanasan laut, naiknya permukaan laut, dan pengasaman laut, menambah tekanan yang sudah ada, yang merusak kemajuan menuju SDG14: *Melestarikan dan menggunakan sumber daya laut luas, laut dan dalam laut secara berkelanjutan untuk pembangunan berkelanjutan*.

Terumbu karang, hutan mangrove, dan padang lamun di kawasan ini menyediakan layanan ekosistem yang vital tetapi terancam oleh perpaduan antara suhu permukaan laut lebih tinggi, gelombang panas laut, naiknya permukaan laut, dan pengasaman laut (3.7.2). Segitiga Terumbu Karang di lepas pantai Filipina, Malaysia, dan Indonesia, adalah titik panas penting di dunia untuk habitat terumbu karang dan keanekaragaman hayati, yang menyediakan pekerjaan dan pendapatan (termasuk pariwisata) bagi lebih dari 100 juta orang. Dan manfaat perlindungan pesisir diperkirakan mencapai AS\$19 miliar setiap tahunnya. Sejumlah besar pemutihan karang akibat El Niño dan gelombang panas laut telah tercatat di Segitiga Terumbu Karang dan lebih jauh di Teluk Thailand. Hutan bakau dan padang lamun di kawasan ini, beberapa yang terluas dan paling beragam hayati di dunia, juga melindungi garis pantai, menyimpan karbon, dan menyediakan habitat pembibitan bagi ikan, tetapi terancam oleh naiknya permukaan laut dan gelombang badai. Namun, risiko utama tetap kerusakan habitat: sekitar sepertiga hutan bakau di wilayah ini telah ditebang untuk menyediakan lahan bagi akuakultur selama 40 tahun terakhir, terutama di sekitar pesisir Indonesia.

Risiko iklim yang dihadapi spesies laut dan perikanan di Asia Tenggara masih **kurang dipahami**. Sensitivitas iklim dan jalur dampaknya rumit, dan perkiraan produktivitas dan distribusi ikan juga **tidak pasti**. Ini adalah **bukti utama kesenjangan** mengingat pentingnya ikan bagi ekonomi, mata pencaharian, dan gizi regional.

Perikanan laut, termasuk akuakultur laut, menyediakan sumber utama lapangan kerja, pendapatan, dan ketahanan pangan, tetapi potensi tangkapan ikan akan terkena pengaruh buruk oleh peningkatan suhu laut dan pengasaman laut (3.7.3). 10 negara anggota ASEAN menyumbang hampir 20% dari produksi perikanan global, dengan pendapatan ekspor senilai sekitar AS\$1,95 miliar pada tahun 2018. Produk ikan juga memberikan kontribusi besar bagi ketahanan pangan regional. Di Malaysia, Myanmar, dan Thailand, ikan menyumbang lebih dari 35% protein hewani dalam makanan; di Indonesia, angkanya lebih dari 60%. Namun produktivitas perikanan laut, termasuk akuakultur laut, akan berkurang akibat peningkatan suhu laut dan pengasaman laut, yang memperbesar tekanan akibat penangkapan ikan berlebihan, polusi, dan perusakan habitat. Indonesia, Vietnam, dan Filipina termasuk sepuluh produsen perikanan laut terbesar di dunia, tetapi potensi perikanan di Indonesia dapat menurun hingga 13-29% pada tahun 2050-an. Ikan yang tidak dapat beradaptasi dengan peningkatan suhu laut kemungkinan akan bermigrasi ke garis lintang lebih tinggi, sehingga berpotensi mengurangi spesies target tradisional yang dapat diakses oleh kapal-kapal kecil di dekat pantai yang dioperasikan oleh nelayan tradisional yang lebih miskin dan masih banyak jumlahnya di Filipina dan Indonesia. Akibatnya, nelayan tradisional dan masyarakat pesisir yang mereka dukung bias menghadapi risiko terbesar akibat laut lebih hangat dan kerusakan habitat pesisir, hilangnya tempat pembibitan ikan, dan 'tekanan' yang semakin besar pada ruang pesisir.