

PENGEMBANGAN INDIKATOR KERENTANAN **SIDIK**

(SISTEM INFORMASI DATA INDEKS KERENTANAN)
PERUBAHAN IKLIM



DIREKTORAT ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM
DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM
KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN



DIREKTORAT ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM
DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM
KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN

JAKARTA

**PENGEMBANGAN
INDIKATOR KERENTANAN
SIDIK
(SISTEM INFORMASI DATA INDEKS KERENTANAN)
PERUBAHAN IKLIM**



**DIREKTORAT ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM
DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM
KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN**

JAKARTA

Penerbit : Direktorat Adaptasi Perubahan Iklim
Penanggungjawab : Dra.Sri Tantri Arundhati, M.Sc
(Direktur Adaptasi Perubahan Iklim)
Ketua Tim Penyusun/
Penanggungjawab Kegiatan : Ir. Arif Wibowo, M.Sc
(Kasubdit Identifikasi dan Analisis Kerentanan)
Tim Penyusun : - Kardono
- Sigit Nugroho
- Dadang Hilman
- Larasati
- Yadi Suryadi

Kata Pengantar

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa Buku Pengembangan Indikator dalam rangka Adaptasi Perubahan Iklim ini telah tersusun. Buku ini merupakan upaya langkah perbaikan terus menerus (*continual improvement*) terhadap Sistem Informasi Data Indeks Kerentanan (SIDIK).

SIDIK sebagai sebuah sistem perlu terus dikembangkan agar mampu memberikan luaran informasi yang akurat dan terintegrasi dengan sektor-sektor pembangunan. Oleh karena itu, pengembangan indikator sangat penting dilakukan untuk menuju hal tersebut.

Dalam kerangka tujuan yang lebih besar, buku ini merupakan cerminan dari upaya Direktorat Adaptasi Perubahan Iklim untuk mengelola data dan informasi yang terkait dengan berbagai upaya baik dalam bentuk kajian dan aksi nyata adaptasi perubahan iklim.

Akhirnya, buku ini merupakan dokumentasi dan bentuk pertanggungjawaban kegiatan yang telah dilakukan oleh Direktorat Adaptasi Perubahan Iklim. Semoga buku ini dapat memberi manfaat bagi kita semua.

Jakarta, Desember 2015

Direktur Adaptasi Perubahan Iklim,

Sri Tantri Arundhati

Daftar Isi

Kata Pengantar

Daftar Isi

BAB I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tujuan

Metode

BAB II. KONSEP KERENTANAN DAN RESIKO IKLIM DALAM SISTEM INFORMASI DATA INDEKS KERENTANAN (SIDIK)

A. Kerentanan, Keterpaparan, Sensitifitas, dan Kapasitas Adaptif

B. Selang Toleransi

C. Sistem Informasi Data Indeks Kerentanan (SIDIK)

D. Pengembangan Indikator kerentanan

BAB III. PENGEMBANGAN INDIKATOR KERENTANAN

A. Penelitian Mengenai Perubahan Iklim

B. Workshop Pengembangan Indikator Kerentanan

BAB IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

B. Saran

PENDAHULUAN

B A B I

Latar Belakang

Perubahan iklim merujuk pada perubahan aspek-aspek iklim yang dapat diidentifikasi (misalnya menggunakan uji statistik) dari perubahan rata-rata dan/atau variabilitasnya, yang konsisten dalam jangka waktu tertentu, pada umumnya dalam periode dekadal atau lebih lama (IPCC, 2014). Iklim dapat berubah karena proses alam internal maupun penyebab eksternal seperti siklus matahari, erupsi gunung berapi, dan perubahan komposisi atmosfer atau perubahan penggunaan lahan yang disebabkan oleh aktifitas manusia (antropogenic). Perlu dicatat bahwa *United Nation Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) membatasi perubahan iklim yang disebabkan oleh aktifitas manusia yang menyebabkan berubahnya komposisi atmosfer.

Perubahan iklim memberikan dampak yang telah terobservasi bagi sistem alam. Di berbagai wilayah, perubahan curah hujan ataupun mencairnya salju berdampak pada sistem hidrologi serta sumber daya air (kualitas dan kuantitas). Beberapa spesies di berbagai jenis ekosistem (darat, laut, dan pegunungan) menyesuaikan diri dengan mengubah pola migrasi, jangkauan geografisnya, interaksi dengan spesies lain, dsb. IPCC AR5 (2014) telah menyimpulkan bahwa perubahan iklim telah berdampak pada sistem alam dan manusia di seluruh dunia. Dampak tersebut ditimbulkan oleh perubahan iklim yang telah terobservasi, tanpa mempertimbangkan penyebabnya, yang mengindikasikan sensitifnya sistem alam dan manusia. Di masa mendatang, perubahan iklim akan tetap berisiko, khususnya bagi negara-negara yang berada pada wilayah kering, kepulauan kecil, dan wilayah tropis (IPCC, 2007). Selain faktor geografis, topografis dan demografis, umumnya negara-negara di wilayah tersebut memiliki keterbatasan dalam pendanaan, kapasitas dan keahlian

sumber daya manusia serta ketersediaan teknologi yang mampu mengurangi risiko yang ditimbulkan oleh perubahan iklim (IPCC, 2007).

Dampak perubahan iklim yang terjadi di Indonesia salah satunya adalah meningkatnya kejadian iklim ekstrim, yakni meningkatnya kejadian ENSO (*El Nino Southern Oscillation*), baik berupa *La Nina* maupun *El Nino*. Perubahan iklim telah meningkatkan frekuensi kejadian *La Nina* dan *El Nino*, yang normalnya 5 – 7 tahun, menjadi menjadi 3 -5 tahun. *La Nina* menimbulkan dampak berupa banjir akibat curah hujan yang tinggi sementara *El Nino* menimbulkan dampak berupa kekeringan ekstrim akibat rendahnya curah hujan. Fenomena ENSO khususnya *El Nino* memberikan dampak lanjutan berupa kejadian kebakaran lahan dan hutan yang menjadi permasalahan di berbagai wilayah di Indonesia.

Sejak *Assessment Report (AR) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* yang pertama dikeluarkan pada tahun 1990, basis ilmu pengetahuan memberikan bukti-bukti tak terbantahkan akan berubahnya iklim global sebagai akibat intervensi manusia (*antropogenic*). Sejak saat itu, kesadaran akan pentingnya upaya-upaya untuk menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) terus disuarakan. Mitigasi menjadi fokus utama dari mekanisme global yang muncul yaitu dalam bentuk Konvensi (*United Nation Framework Convention on Climate Change/UNFCCC*) dan Protokol (*Kyoto Protocol*), dengan sasaran utama mencegah naiknya temperatur global rata-rata di bawah 2 °C.

Dalam perkembangannya, adaptasi menjadi semakin penting dalam konteks perubahan iklim karena pada dasarnya perubahan iklim sesuatu yang tidak dapat dihindari. Oleh karena itu upaya-upaya untuk menyesuaikan terhadap dampak perubahan iklim juga perlu dikembangkan. Bila mitigasi fokus pada upaya mengurangi penyebab dari perubahan iklim, adaptasi merupakan upaya untuk meminimalkan dampak dari perubahan iklim. Menurut IPCC dalam AR 5 (2014), adaptasi merupakan suatu proses penyesuaian terhadap kondisi iklim/dampaknya, baik kondisi/dampak aktual maupun perkiraannya. Dalam sistem manusia, adaptasi berupaya untuk menurunkan atau menghindari bahaya atau memaksimalkan dampak positifnya.

Secara umum, adaptasi merupakan suatu penyesuaian dalam sistem manusia atau alam dalam menanggapi rangsang iklim yang sebenarnya atau yang diperkirakan atau

efeknya, yang meringankan kerusakan/kerugian atau mengeksploitasi kesempatan-kesempatan yang menguntungkan. Dalam IPCC AR4 (2007), pengertian adaptasi langsung ditujukan untuk mengatasi atau menurunkan kerentanan sistem alam atau manusia terhadap dampak perubahan iklim (actual ataupun proyeksinya). Sedangkan di dalam IPCC AR5 (2014), adaptasi didefinisikan lebih umum yaitu sebagai upaya penyesuaian terhadap iklim dan dampaknya (aktual maupun proyeksinya).

Merujuk pada pengertian adaptasi dalam IPCC AR4 (2007), untuk dapat menentukan kebijakan dan langkah-langkah adaptasi maka harus diketahui tingkat kerentanan suatu wilayah. Tingkat kerentanan (*vulnerability*) merupakan fungsi dari tiga faktor yang saling berkaitan yaitu keterpaparan (*exposure*), sensitivitas (*sensitivity*), dan kapasitas adaptif (*adaptive capacity*). secara matematis konsep kerentanan digambarkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$V = \frac{E \times S}{AC}$$

Di mana V merupakan kerentanan, E merupakan keterpaparan, S merupakan sensitivitas, dan AC adalah kapasitas adaptif. Ketiga faktor yang berpengaruh dalam analisis tingkat kerentanan dipengaruhi oleh berbagai macam variabel (indikator) yang berpengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap tingkat kerentanan.

Mengingat pentingnya analisis tingkat kerentanan dalam perencanaan dan aksi adaptasi, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan telah mengembangkan suatu sistem perangkat yang dapat memberikan luaran informasi tingkat kerentanan (indikatif) hingga unit administrasi desa di seluruh Indonesia. Sistem ini disebut SIDIK (Sistem Informasi Data Indeks Kerentanan). Saat ini, SIDIK memanfaatkan data statistik PODES (Potensi Desa) yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS). Sebagai langkah awal, SIDIK saat ini memanfaatkan indikator data-data infrastruktur dan sosial ekonomi. Sebagai arah pengembangan ke depan, SIDIK telah diproyeksikan untuk dapat memberikan informasi tingkat kerentanan secara sektoral.

Dengan demikian, perlu diidentifikasi secara cermat indikator-indikator yang dapat berpengaruh terhadap tingkat kerentanan suatu wilayah. Banyak hal yang

perlu dipertimbangkan suatu indikator dapat diintegrasikan ke dalam SIDIK. Salah satunya adalah ketersediaan data. Oleh karena itu perlu dilibatkan sebanyak mungkin pemangku kepentingan sehingga dapat dipetakan indikator beikut kemungkinnan penyedia datanya.

Tujuan

Tujuan dari penyusunan dokumen ini adalah untuk memberikan gambaran upaya dan hasil kegiatan pengembangan indikator kerentanan dalam rangka adaptasi perubahan iklim yang nantinya akan mendukung secara langsung pengembangan dan operasionalisasi Sistem Informasi Data Indeks Kerentanan (SIDIK).

Metode

Pengembangan indikator kerentanan perubahan iklim dalam rangka mendukung SIDIK dilakukan secara deduktif yaitu dengan mengidentifikasi sebanyak mungkin variabel-variabel yang berpengaruh terhadap tingkat kerentanan. Adapun proses identifikasi indikator kerentanan dilakukan melalui kegiatan sebagai berikut:

1. Identifikasi variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kerentanan di berbagai sektor pembangunan, melalui penyelenggaraan pertemuan dengan mengundang para pemangku kepentingan. Bentuk pertemuan dapat berupa rapat maupun workshop/FGD.
2. Identifikasi variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kerentanan melalui perjalanan dinas dalam rangka pengumpulan data oleh tim dari direktorat adaptasi perubahan iklim dengan mendatangi para peneliti/pakar yang berkecimpung dalam penelitian/kegiatan mengenai kerentanan dalam rangka adaptasi perubahan iklim.

Hasil-hasil kegiatan tersebut di atas kemudian dikumpulkan dan dirangkum menjadi satu buku pengembangan indikator kerentanan dalam rangka adaptasi perubahan iklim.

KONSEP KERENTANAN DAN RESIKO IKLIM DALAM SISTEM INFORMASI DATA INDEKS KERENTANAN (SIDIK)

B A B II

A. Kerentanan, Sensitifitas, Keterpaparan, dan Kapasitas Adaptasi

Secara geografis, Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar yang terletak di daerah tropis. Dengan keberadaan ribuan pulau kecil serta pulau besar dengan dataran rendah dan lahan basah yang luas, maka Indonesia merupakan salah satu negara yang paling rentan terhadap ancaman dan dampak dari perubahan iklim. Indonesia telah mengalami kejadian iklim ekstrim seperti banjir dan kekeringan berkepanjangan, serta mempunyai resiko besar untuk mengalami efek jangka panjang dari kenaikan permukaan air laut. Disamping itu, iklim sangat erat kaitannya dengan kehidupan manusia, sehingga merupakan bagian tak terpisahkan dari kehidupan lokal, memegang peranan penting dalam pengelolaan ekonomi pembangunan, dan menjadi salah satu faktor penting dalam aspek kemakmuran ketahanan nasional.

IPCC dalam AR-5 melaporkan bahwa diperkirakan pada akhir 2100, temperatur global akan lebih hangat 1.8 - 4°C, dibandingkan dengan rata-rata temperatur pada rentang 1980-1999. Rata-rata temperatur global akan meningkat lebih dari 2°C diatas temperatur global sebelum periode industri, pada tahun 2100. Laju kenaikan muka air laut pada abad 21 diperkirakan akan melampaui laju kenaikan pada periode observasi 1971-2010 pada seluruh skenario AR-5. Frekuensi dan intensitas kejadian curah hujan yang berat dan juga badai tropis diperkirakan meningkat secara global. Dengan semakin meningkatnya intensitas dan frekwensi dari kejadian iklim ekstrim seperti El Nino, maka diperkirakan kekeringan yang menjadi pemicu kebakaran hutan dan lahan di Indonesia, menjadi ancaman yang semakin nyata. Dengan demikian, risiko bencana banjir selama musim hujan dan kekeringan selama musim kemarau semakin meningkat. Hal tersebut tentu saja berdampak pada sumberdaya air, pertanian, kehutanan, perikanan, kesehatan dan juga terhadap sarana dan prasarana terkait.

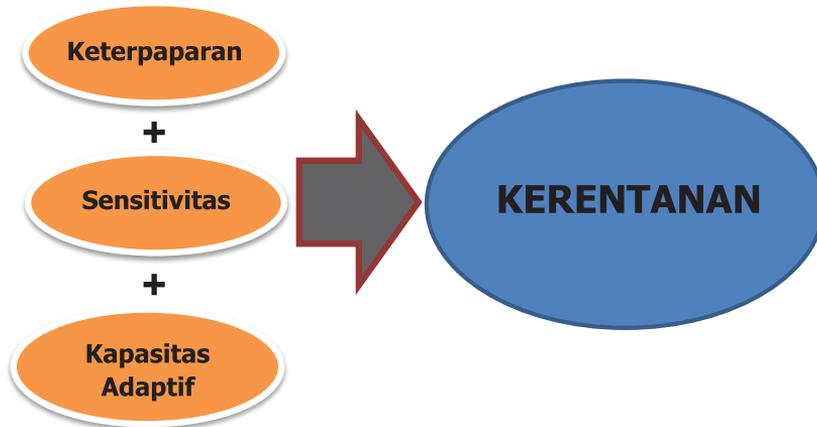
Dampak perubahan iklim adalah konsekuensi dari perubahan dan interaksi antara sistem alam dan manusia. Besar kecilnya dampak yang ditimbulkan oleh kejadian bencana (perubahan iklim) pada suatu sistem ditentukan oleh tingkat kerentanan (*vulnerability*, V). **Kerentanan** menggambarkan derajat atau tingkat kemudahan terkena atau ketidakmampuan untuk menghadapi dampak buruk perubahan iklim, termasuk variabilitas iklim dan iklim ekstrim (IPCC AR3, 2001 dan IPCC AR4, 2007). Selanjutnya, tingkat kerentanan ditentukan oleh tiga hal, yaitu tingkat keterpaparan (*Exposure*, E), Tingkat **Sensitivitas** (*Sensitivity*, S) dan Kapasitas Adaptif (*Adaptive Capacity*, AC) dari sistem tersebut. Keterpaparan menunjukkan derajat, lama, dan atau besar peluang suatu sistem untuk kontak atau tunduk terhadap guncangan atau gangguan. Dalam hal ini, gangguan iklim dapat berupa variabilitas iklim, besar dan frekuensi dari iklim ekstrim. Sensitivitas merupakan kondisi internal dari sistem yang menunjukkan derajat kerawanannya terhadap gangguan. Keterpaparan dan sensitivitas berbanding lurus terhadap tingkat kerentanan. Artinya semakin besar keterpaparan dan sensitivitas suatu sistem, maka semakin tinggi pula tingkat kerentanan sistem tersebut.

Kemampuan adaptif adalah kemampuan dari sistem untuk melakukan penyesuaian terhadap perubahan iklim, sehingga potensi dampak negative dapat dikurangi dan dampak positif dapat dimaksimalkan. Dalam hal ini kapasitas menunjukkan kemampuan untuk menghindari atau mengantisipasi, mengatasi atau mengelola dampak atau kemampuan untuk pulih kembali dengan cepat setelah terkena dampak. Sistem yang memiliki kapasitas yang tinggi akan memiliki selang toleransi yang lebar terhadap keragaman atau perubahan iklim yang terjadi. Kapasitas juga dicerminkan oleh kondisi biofisik dan lingkungan, serta kondisi sosial-ekonomi yang terkait dengan kemampuan. Misalnya petani yang sumber pencaharian satu-satunya hanya dari usaha tani akan memiliki kapasitas yang rendah dibanding petani yang memiliki sumber pencaharian alternatif yang banyak. Dari penjelasan tersebut, kapasitas adaptif berbanding terbalik dengan tingkat kerentanan, yang artinya semakin besar kapasitas adaptif suatu sistem, semakin rendah tingkat kerentanan sistem tersebut.

Kerentanan sendiri bersifat dinamis karena indikator yang berpengaruh juga berubah menurut waktu. Oleh karena itu, monitoring dan evaluasi tingkat kerentanan dapat dijadikan referensi keberhasilan intervensi kebijakan dalam pembangunan.

Di samping itu, kerentanan juga bersifat khas sesuai karakteristik lokasi daerah tersebut. Hal ini dapat dipahami karena tingkat keterpaparan sangat dipengaruhi oleh letak geografisnya.

Hubungan keterpaparan, sensitivitas, dan kapasitas adaptif diilustrasikan dalam gambar berikut.

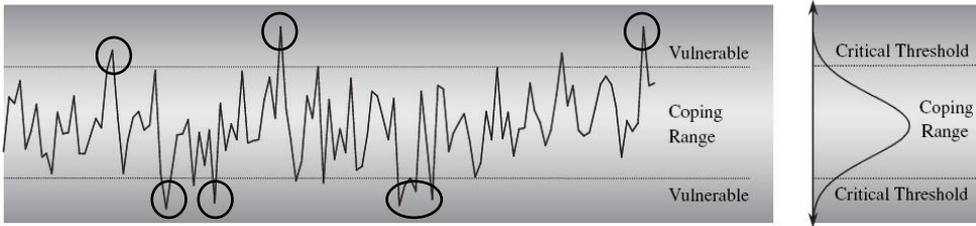


Gambar 1. Hubungan Kerentanan, Keterpaparan, Sensitivitas, dan Kapasitas Adaptif

B. Selang Toleransi

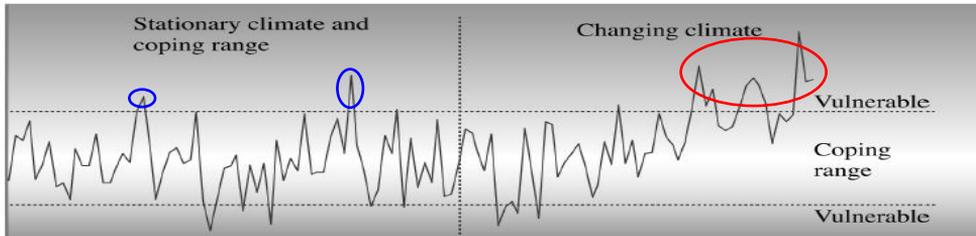
Konsep kerentanan dapat juga dijelaskan dengan selang toleransi. Tingkat kemampuan sistem untuk menghadapi konsekuensi dari perubahan iklim dapat dinyatakan dalam bentuk selang toleransi (*coping range*) terhadap besar, intensitas dan laju dari perubahan iklim.

Apabila perubahan iklim melewati selang toleransi dari sistem tersebut, maka sistem tersebut dikatakan sudah rentan (*vulnerable*) terhadap perubahan iklim.



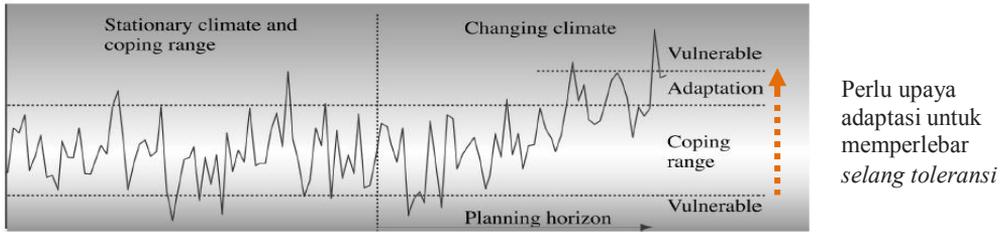
Gambar 2. Hubungan selang toleransi (*coping range*), kerentanan (*vulnerability*) dan batas ambang kritis (*critical threshold*)
[sumber: Jones and Boer, 2004]

Tingkatan dimana suatu resiko menjadi dampak yang “berbahaya” disebut juga sebagai batas ambang kritis (*critical threshold*) (cf. Parry, 1996). Oleh karena itu, apabila tingkat dari kerentanan tetap sama dimasa mendatang (tidak terjadi perubahan pada selang toleransi), sistem akan sering mengalami kejadian dan kehilangan yang tinggi jika terjadi perubahan iklim.



Gambar 3. Perubahan selang toleransi dampak perubahan iklim
[Sumber: Jones and Boer, 2004]

Dengan adanya upaya adaptasi, kerentanan suatu sistem dapat dikurangi atau selang toleransiakan meningkat. Pada kasus ini langkah adaptasi sering dikaitkan dengan aksi atau langkah-langkah yang bisa mengurangi tingkat keterpaparan tingkat sensitifitas suatu sistem, dan kondisi dimana sistem bisa meningkatkan kapasitas adaptasinya.



Gambar 4. Peningkatan selang toleransi dengan upaya adaptasi

[Sumber: Jones and Boer, 2004]

C. Sistem Informasi Data Indeks Kerentanan (SIDIK)

SIDIK merupakan perangkat yang dikembangkan secara *onlined* dengan luaran informasi mengenai tingkat kerentanan (indikatif) suatu wilayah hingga level satuan administrasi desa di seluruh Indonesia. Tingkat kerentanan dalam SIDIK digambarkan oleh nilai indeks kerentanan yang ditentukan oleh indikator-indikator Indeks Keterpaparan dan Sensitifitas (IKS) serta indikator Indeks Kapasitas Adaptif (IKA).

Pengkajian kerentanan dan risiko iklim dalam SIDIK (Sistem Informasi Data Indeks Kerentanan) mengukur kerentanan (V) suatu wilayah, berdasarkan tiga komponen kerentanan, yaitu: (i) keterpaparan (E), (ii) sensitivitas (S), dan (iii) kemampuan adaptasi (C). Untuk risiko iklim, SIDIK menggunakan pendekatan ambang batas informasi iklim ekstrim untuk merujuk pada potensi kejadian bencana, misalnya: peningkatan peluang kejadian banjir akibat curah hujan ekstrim yang melebihi nilai tertentu. Rumusan matematik yang dipakai adalah:

$$R = P \cdot (E \cdot S) / C, \text{ dengan } V/C \sim (E \cdot S) / C$$

Di mana R adalah risiko (*Risk*), H adalah ancaman/potensi bahaya (*Hazards*) dan P adalah peluang kejadian ekstrim.

Kerentanan (*Vulnerability*, V) menggambarkan sejauh mana sistem tersebut dapat mentolerir suatu perubahan atau penyimpangan yang terjadi (dalam kaitannya dengan perubahan iklim). Apabila perubahan/penyimpangan sudah melewati batas toleransi dari sistem maka sistem menjadi rentan karena penyimpangan atau

perubahan iklim tersebut menyebabkan dampak negatif. Tingkat keterpaparan dan tingkat sensitifitas dapat dicerminkan oleh kondisi **biofisik dan lingkungan**, serta kondisi **sosial-ekonomi**, yang selanjutnya dinyatakan dengan **indeks keterpaparan dan sensitifitas, disingkat IKS**, (*Sensitivity and Exposure Index, SEI*).

Kemampuan suatu sistem mentolerir penyimpangan juga dipengaruhi kapasitas dalam mengelola penyimpangan tersebut. Kemampuan adaptasi ini dinyatakan dalam *Adaptive Capacity Index (ACI)*, atau **Indeks Kemampuan Adaptif (IKA)**. Konsep selanjutnya adalah risiko iklim yaitu terminologi yang menggabungkan kerentanan dengan peluang terjadinya anomali iklim. Risiko iklim tinggi terjadi jika peluang anomali iklim tinggi dan terjadi pada suatu sistem yang rentan. Sedangkan sistem yang tidak rentan dan terjadinya anomali iklim rendah akan mempunyai risiko iklim yang rendah.

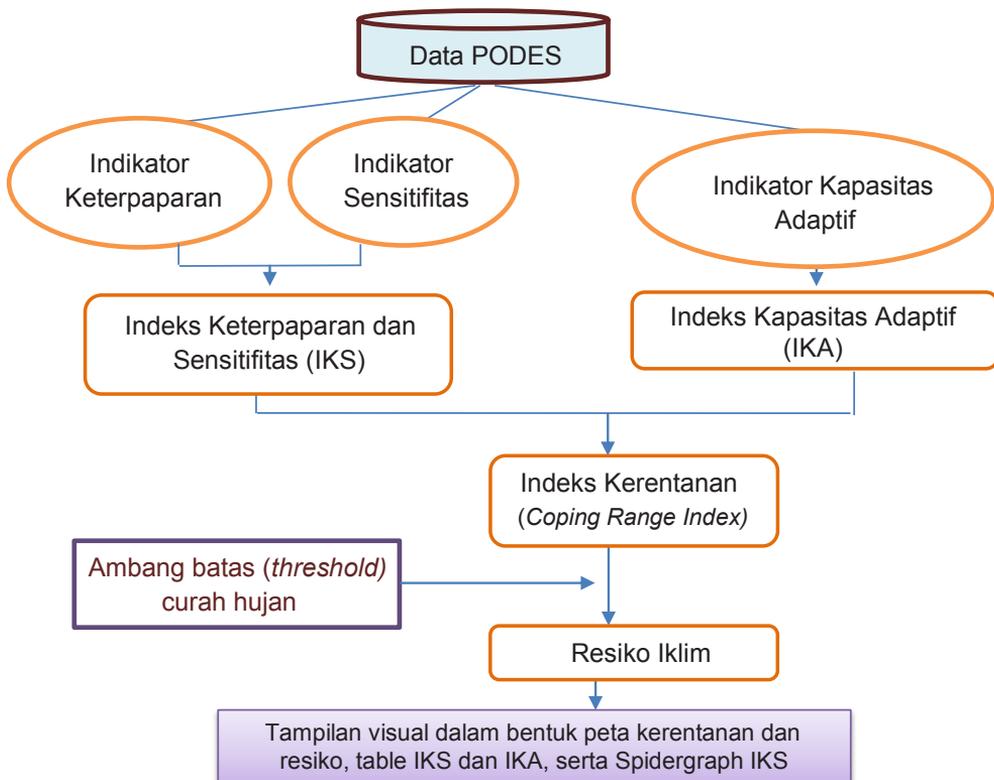
Saat ini SIDIK memanfaatkan data statistik dalam Potensi Desa (PODES) sebagai indikator penentuan indeks keterpaparan dan sensitivitas (IKS), dan indeks kemampuan adaptif (IKA). Saat ini, fitur resiko kejadian iklim ekstrim bajir dan kekeringan masih terbatas pada wilayah Jawa, dan untuk pengembangan ke depan akan tersedia untuk seluruh wilayah Indonesia. SIDIK saat ini juga telah memberikan peluang bagi pengguna untuk menambahkan indikator selain indikator nasional yang telah ditetapkan. Penambahan indikator ini berguna untuk dapat mendapatkan hasil perhitungan dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang sesuai dengan karakteristik wilayah tertentu.

Agar lebih mudah dibaca, SIDIK memberikan informasi tingkat kerentanan dalam bentuk visualisasi peta. Sistem memberikan pilihan bagi pengguna untuk memilih menentukan pembagian tingkat kerentanan yang diinginkan, yaitu 5 kelas kerentanan, 6 kelas kerentanan, dan 7 kelas kerentanan. Kelas-kelas tersebut akan ditampilkan dengan warna yang berbeda dalam peta. Selanjutnya, tingkat kerentanan dalam SIDIK juga digambarkan dalam bentuk *spider web diagram*. Kelebihan visualisasi dalam bentuk *spider web diagram* adalah pengguna dapat secara detil melihat faktor-faktor (indikator) yang paling berpengaruh terhadap IKS dan IKA - nya. Dengan demikian, *spider web diagram* ini sangat membantu dalam menentukan pilihan-pilihan program dan kegiatan untuk menurunkan kerentanan wilayah tersebut.

Indikator kerentanan dalam SIDIK

Berdasar sumber data dari PODES, dipilih beberapa peubah yang mencirikan tingkat keterpaparan dan sensitifitas (diformulasikan dalam bentuk indeks, yaitu Indeks Keterpaparan dan Sensitifitas, IKS) dan tingkat kemampuan beradaptasi (dengan Indeks Kemampuan Adaptif, IKA). Dalam satu indicator dapat terdiri dari beberapa data/informasi yang kemudian dibobotkan dalam penghitungan indeksnya. Misalnya untuk indicator penggunaan air bersih dapat terdiri dari 4 komponen yaitu air bersih dari PDAM, sumur, sungai, dan lainnya. Keempat komponen data tersebut diberikan bobot yang berbeda untuk dapat membentuk satu indicator yaitu indicator penggunaan air bersih.

Diagram alir pemrosesan data hingga menjadi informasi indeks kerentanan dapat digambarkan dalam diagram sebagai berikut:



Gambar 5. Diagram Alir Informasi dalam SIDIK

Perhitungan IKS dan IKA untuk setiap wilayah diformulasikan sebagai jumlah setiap komponen (indikator) yang terboboti dengan rumus berikut untuk perhitungan indeks kerentanan nasional, SIDIK memanfaatkan indikator sebagai berikut:

- a. Indeks Keterpaparan dan Sensitivitas (IKA)
 1. Rasio jumlah Kepala Keluarga (KK) yang tinggal di bantaran sungai
 2. Rasio jumlah bangunan di bantaran sungai
 3. Jenis sumber air minum
 4. Rasio jumlah penduduk miskin
 5. Jenis sumber penghasilan

- b. Indeks Kemampuan Adaptif (IKA)
 1. Rasio keluarga yang telah menikmati layanan listrik
 2. Rasio penduduk yang bersekolah
 3. Rasio jumlah penduduk dengan fasilitas kesehatan yang tersedia
 4. Jenis (kelas/kondisi) infrastruktur jalan

D. Pengembangan Indikator kerentanan

Menurut Adger *et al* (2004), pendekatan kerentanan menguji faktor-faktor sosial-ekonomi dan kelembagaan, dan dalam tingkat tertentu faktor kultural dan politik yang menentukan bagaimana masyarakat merespon dan mengatasi bahaya iklim. Oleh karena itu, konsep kerentanan dapat menjadi perangkat yang berguna untuk mengidentifikasi kebutuhan masyarakat akan adaptasi atau peningkatan kemampuannya dalam menghadapi ancaman yang ada. Lebih lanjut dikatakan bahwa kajian kerentanan tidak memerlukan informasi iklim secara detil yang dihasilkan oleh pemodelan iklim, dan kajian ini tidak pula perlu menunggu hingga kajian ilmiah/prediksi iklim dikembangkan terlebih dulu.

Oleh karena itu kebijakan-kebijakan adaptasi dapat dikembangkan di tengah ketidaktentuan (*uncertainty*) dalam sains iklim. Ketiadaan pengetahuan tentang proyeksi iklim bukanlah penghalang dalam meningkatkan ketangguhan (*resilience*) masyarakat secara umum terhadap bermacam-macam ancaman yang mungkin akan terjadi di masa depan.

Dalam rangka mengkaji kerentanan dan kapasitas adaptif secara kuantitatif, diperlukan pengembangan indikator-indikator untuk merepresentasikan variabel-variabel tersebut. Indikator-indikator kuantitatif dapat digunakan secara kontekstual, atau dapat juga menggunakan analisis kualitatif dari faktor-faktor yang menentukan kerentanan dan kapasitas adaptif.

Pendekatan alternatif lain adalah dengan melakukan perbandingan indikator-indikator kerentanan dan kapasitas adaptif antar sistem, kelompok, maupun wilayah. Pada umumnya kajian kerentanan pada skala nasional dianggap kurang memadai karena kerentanan sangat ditentukan oleh spesifik lokasi dan secara spasial sangat berbeda dalam suatu wilayah nasional tertentu. Namun demikian, kerentanan dan kapasitas adaptif di tingkat lokal juga dipengaruhi oleh proses-proses yang ada di tingkat nasional. Sebagai contoh, kebijakan ekonomi nasional sangat berpengaruh terhadap kemampuan ekonomi kelompok rentan misalnya kebijakan harga energi, kebijakan jaminan kesehatan, kebijakan ekspor impor bahan pokok, dsb. Investasi pada pendidikan, kesehatan, dan infrastruktur fisik secara nasional juga akan mampu menurunkan kerentanan dan meningkatkan adaptasi. Kebijakan-kebijakan pertanian (misalnya subsidi pupuk, penyediaan benih, dsb.) akan berpengaruh secara signifikan pada perikehidupan masyarakat rentan di pedesaan.

Menurut Adger *et al* (2004), prosedur pemilihan indikator mengikuti 2 pendekatan: pendekatan deduktif, dan pendekatan induktif. Pendekatan deduktif dalam pemilihan indikator dilakukan dengan membangun hubungan-hubungan dari teori/kerangka kerja konseptual dan memilih indikator dari hubungan-hubungan tersebut. Sedangkan pendekatan induktif dilakukan melalui prosedur statistik dengan melibatkan sebanyak mungkin variabel kerentanan untuk kemudian dicari yang secara statistik berhubungan secara signifikan.

Dalam pendekatan deduktif, pengembangan indikator dimulai dari pembangunan teori. Misalnya dalam studinya Downing *et al* (1995) merumuskan kerentanan ditentukan oleh ekologi manusia, perluasan pemukiman, dan aspek ekonomi politik. Berangkat dari hal tersebut, mereka memilih indikator-indikator terukur seperti ketersediaan makanan (KKal/hari/kapita), GNP per kapita, dan tingkat kematian anak di bawah usia 5 tahun per 1000 penduduk.

Dalam pendekatan induktif, indikator didapatkan dari data yang diolah secara statistik. Sebagai contoh, Ramachandran dan Eastman (1997) menguji 92 variabel (dengan dukungan data series selama 7 tahun dari 77 daerah administrasi) untuk menjelaskan angka rata-rata penduduk yang memerlukan bantuan makanan di Afrika Barat. Melalui metode statistik, kontribusi dari tiap variabel pada kerentanan diuji untuk menentukan variabel mana yang paling berpengaruh.

Secara umum, pemilihan indikator kerentanan harus dilakukan secara hati-hati melalui pengembangan kerangka pikir dan teori yang kuat.

PENGEMBANGAN INDIKATOR

B A B III

Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, tujuan pengembangan indikator kerentanan dicapai melalui dua kegiatan yaitu melalui penyelenggaraan workshop, serta dengan pelaksanaan perjalanan dinas ke instansi pemerintah di daerah. Sasaran pelaksanaan kegiatan perjalanan dinas pengembangan indikator kerentanan adalah Unit Pelaksana Teknis Badan Penelitian dan Pengembangan yang telah melakukan penelitian-penelitian terkait adaptasi perubahan iklim. Hal ini berdasarkan informasi dari Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan bahwa beberapa UPT Badan Litbang KLHK telah melakukan penelitian terkait adaptasi perubahan iklim melalui program Rencana Penelitian Integratif yang dilaksanakan dalam rentang waktu 2010-2014. UPT Badan Litbang KLHK yang dikunjungi antara adalah Balai Penelitian Teknologi Konservasi Sumber Daya Alam di Samboja, Kalimantan Timur, Balai Penelitian Kehutanan di Kupang, Nusa Tenggara Timur, Balai Penelitian Teknologi Pengelolaan DAS di Solo, Balai Penelitian Kehutanan di Manokwari, Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan di Yogyakarta, serta Balai Penelitian Kehutanan di Makasar. Namun demikian, sasaran lokasi/instansi dalam kegiatan tersebut tidak hanya di UPT badan Litbang KLHK, namun juga instansi di daerah yang mempunyai program/kegiatan adaptasi perubahan iklim. Instansi tersebut antara lain adalah BLHD, Pusat Pengendalian Pengembangan Ekoregion (P3E), Dinas Kehutanan, Bappeda, dsb.

Sedangkan kegiatan workshop diselenggarakan di Jakarta yaitu pada bulan Oktober dan Desember dengan mengundang seluruh kementerian/lembaga yang terkait dengan adaptasi perubahan iklim, para pakar/akademisi dari perguruan tinggi, para praktisi yang tergabung dalam asosiasi terkait adaptasi PI, serta lembaga non pemerintah yang bergerak di bidang adaptasi perubahan iklim.

A. Penelitian mengenai kerentanan perubahan iklim

Penelitian terkait kerentanan perubahan iklim yang dilakukan oleh Unit Pelaksana Teknis (UPT) Badan Litbang di beberapa lokasi penelitian dikoordinasikan oleh Pusat Penelitian Sosial Ekonomi Kebijakan dan Perubahan Iklim melalui program Rencana Penelitian Integratif 2010-2014 dengan tema Adaptasi Bioekologi dan Sosial Ekonomi Budaya Masyarakat terhadap Perubahan Iklim.

Data yang dihimpun dari kegiatan perjalanan dinas, telah banyak penelitian yang mengambil tema perubahan iklim. Kecuali di Balai Penelitian Kehutanan Makasar dan Balai Penelitian Teknologi Konservasi Sumber Daya Alam Samboja, telah dilakukan penelitian yang mengambil tema mengenai kerentanan perubahan iklim. Secara terinci judul-judul penelitian/kegiatan/kajian terkait perubahan iklim dapat disajikan dalam daftar sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data dan Informasi di Manokwari

Penelitian dengan tema perubahan iklim di BPK Manokwari dapat dikatakan berimbang untuk tema mitigasi dan adaptasi. Dalam kurun waktu 2010-2013, terhitung 7 penelitian dengan tema besar perubahan iklim. Dari 7 judul, 4 judul berfokus pada penaksiran cadangan karbon, sedangkan 3 judul mengambil tema adaptasi perubahan iklim.

- a. Perhitungan Karbon Untuk Perbaikan Faktor Emisi/ Serapan GRK Kehutanan pada Hutan Alam Tanah Mineral (*Penyusunan Berbagai Persamaan Allometrik Genera Jenis Kayu Komersil Untuk Pendugaan Biomassa Atas Tanah di Hutan Tropis Papua, 2010*)
- b. Penafsiran Kerentanan Masyarakat di Dalam dan Sekitar Hutan Terhadap Sumber Daya Hutan dan Strategi Adaptasi Masyarakat Terhadap Perubahan Musim dan Cuaca Ekstrim pada Ekosistem Pegunungan” (Kegiatan Penelitian Tahun 2010);
- c. Pendugaan Biomasa Atas Tanah Untuk Perbaikan Faktor Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca Kehutanan di Kawasan Hutan Alam Tanah Mineral Papua (Kegiatan Penelitian Tahun 2011);

- d. Kajian Sosial Budaya dan Adaptasi Masyarakat Papua terhadap Dampak Perubahan Iklim (Kegiatan Penelitian Tahun 2011);
- e. Perhitungan Karbon Untuk Perbaikan Faktor Emisi dan Serapan GRK Kehutanan pada Hutan Alam Tanah Mineral (Kegiatan Penelitian Tahun 2012);
- f. Perhitungan Karbon Untuk Perbaikan Faktor Emisi dan Serapan GRK Kehutanan pada Hutan Alam Tanah Mineral (Pembuatan Berbagai Persamaan Allometrik Genera Jenis Kayu Komersil Untuk Pendugaan Biomassa Atas Tanah di Hutan Tropis Papua, 2013).
- g. Penafsiran Kerentanan Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim di Distrik Menyabow, Pegunungan Arfak Kabupaten Manokwari, Papua Barat (Kegiatan Penelitian Tahun 2013)

Penelitian kerentanan perubahan iklim di BPK Manokwari terkait dengan adaptasi perubahan iklim bertujuan untuk mengetahui kondisi sosial, ekonomi dan budaya untuk menafsirkan tingkat kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim. Penelitian dilakukan dengan metode survei, pengamatan langsung di lapangan dan dengan menggunakan teknik wawancara. Wawancara dilakukan dengan menggunakan pertanyaan terbuka (*open-ended question*) dan pertanyaan semi terstruktur khusus untuk warga masyarakat. Responden penelitian adalah informan kunci yang meliputi kepala suku, tokoh adat dan tokoh masyarakat, serta kepala keluarga. Wawancara dengan informan kunci dimaksudkan untuk memperoleh gambaran mengenai keadaan umum masyarakat, pola interaksi masyarakat dengan hutan termasuk introduksi dan pemikiran dari luar yang telah masuk dan mempengaruhi kehidupan.

Agak berbeda dengan konsep kerentanan pada umumnya, kelas kerentanan dalam penelitian di sini justru dikategorikan menjadi tingkat sensitifitas (tidak sensitif hingga sangat sensitif). Tingkat kesensitifan terhadap kerentanan ditentukan oleh indikator sebagai berikut:

Tabel 1. Indikator Penilaian Tingkat Kerentanan

Kriteria	Aspek-aspek
Sosial dan budaya	Kepadatan penduduk
	Pendidikan
	Pengetahuan adaptif
	Kelembagaan
	Budaya
Ekonomi	Mata pencaharian
	Pendapatan
	Sumber-sumber ekonomi
	Jumlah tanggungan
Ekologi	Degradasi hutan
	Deforestasi
	Tumbuhan introduksi
Hidrologi	Berkurangnya sumber-sumber air
	Berkurangnya debit air
	Air bersih

Penelitian ini dirancang untuk dapat menangkap persepsi masyarakat secara detil terhadap fenomena perubahan iklim. Misalnya dalam penelitian ini secara detil diungkap mengenai identifikasi masyarakat terhadap perubahan iklim melalui perubahan-perubahan pola perilaku keseharian mereka. Seperti misalnya kenaikan suhu udara diasosiasikan dengan frekuensi mandi dalam sehari, serta penurunan jumlah kebutuhan kayu bakar untuk menghangatkan badan. Lebih lanjut, penelitian ini juga berhasil menangkap fenomena perubahan iklim dari perubahan pola cuaca (musim hujan dan musim kemarau) melalui informasi dari masyarakat. Informasi perubahan pola cuaca disajikan dalam table berikut:

Tabel 2. Perubahan Pola Cuaca berdasarkan Wawancara dan FGD dengan Masyarakat

ASPEK	BULAN											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Musim hujan – tahun '90an	xxx	campur						Panas			Xxx	xxxx
Musim hujan 2010 dan 2011	Hujan sepanjang tahun											
Musim hujan 2012, bulan Mei sungai banjir	Hujan											
Musim kemarau – tahun '90 an								x	x	X		
Kemarau tahun 2010 hingga Mei 2012	Tidak ada musim kemarau											

Penelitian ini menyimpulkan bahwa faktor-faktor yang sensitif terhadap kerentanan perubahan iklim adalah kondisi sosial ekonomi masyarakat dan ekologi. Masyarakat umumnya hanya petani yang menggantungkan hidup dari bertani. Jumlah pendapatan per bulannya tidak menentu. Kondisi Biofisik dan ekologinya sensitif karena berpotensi untuk penebangan dan pemekaran wilayah. Pemukiman dan tempat berkebun yang berlokasi di tempat yang miring dan berbahaya, sangat rentan terhadap erosi dan banjir.

2. Pengumpulan Data dan Informasi diKupang

Penelitian dengan tema perubahan iklim di BPK Kupang dapat dikatakan berimbang untuk tema mitigasi dan adaptasi. Dalam kurun waktu 2010-2013, terhitung 7 penelitian dengan tema besar perubahan iklim. Dari 7 judul, 4 judul berfokus pada penaksiran cadangan karbon/penyusunan persamaan alometrik biomassa, sedangkan 3 judul mengambil tema adaptasi perubahan iklim. Judul-judul penelitian dengan tema perubahan iklim di Balai Penelitian Kehutanan Kupang antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Potensi Simpanan Karbon Hutan Tanaman Jati (*Tectona grandis*) Studi Kasus di Kabupaten Kupang dan Belu Provinsi Nusa Tenggara Timur (tahun 2010)
- b. Identifikasi Tingkat Kerentanan Jasa Hutan Air Akibat Perubahan Iklim dan Cuaca Ekstrem di DAS Benain Noelmina Provinsi Nusa Tenggara Timur (tahun 2011)
- c. Persamaan Alometrik Biomassa Pohon Huek (*Eucalyptus Alba*) di Pulau Timor untuk Meningkatkan Akurasi Pendugaan Simpanan Karbon (tahun 2011)
- d. Identifikasi Tingkat Kerentanan Jasa Hutan Air Akibat Perubahan Iklim dan Cuaca Ekstrem di DAS Kambaniru, Sumba Timur (tahun 2012)
- e. Persamaan alometrik biomassa dan karbon untuk pendugaan simpanan karbon dalam mendukung upaya konservasi savanna Corypha Utan (tahun 2012)
- f. Potensi simpanan karbon pada tiga tipe savanna di Nusa Tenggara Timur (tahun 2012)
- g. Penilaian Tingkat Kerentanan Sumber Daya Air Terhadap Variabilitas Iklim di DAS Aesesa, Pulau Flores, Nusa Tenggara Timur (tahun 2013)

Sebagaimana terlihat, penelitian yang mengambil tema adaptasi perubahan iklim semuanya dikaitkan dengan fungsi hutan (dalam ekosistem DAS) sebagai penyedia jasa ekosistem (*ecosystem services*) air. Alur ketiga penelitian terkait adaptasi adalah menentukan tingkat kerentanan, kemudian mengidentifikasi bentuk-bentuk adaptasi yang dilakukan oleh masyarakat dalam menghadapi dampak perubahan iklim. Satuan unit analisis dalam penelitian-penelitian yang dilakukan di Kupang difokuskan pada ekosistem DAS yaitu di DAS Aesesa, DAS Benain Noelmina, dan DAS Kambaniru. Metodologi penelitian hampir sama untuk ketiga penelitian. Perubahan pola maupun tren suhu dan curah hujan akan dijadikan indikator untuk menilai terjadinya kejadian iklim di lokasi kajian. Selain melakukan pengamatan terhadap data-data iklim yang berupa data suhu dan curah hujan, dilakukan juga wawancara dan penyebaran kuisisioner untuk mengetahui persepsi masyarakat terhadap perubahan iklim. Penilaian kerentanan sumber daya air didekati secara kualitatif, kuantitatif dan spasial. Perubahan pola iklim baik suhu udara maupun curah hujan diamati dengan Analisis dampak PI dilakukan dengan melihat perubahan pola curah hujan dan suhu udara dengan melakukan regresi terhadap data CH dan suhu udara selama 30 tahun. Sebagai alat verifikasi, dilakukan survey melalui wawancara

dengan warga untuk mengetahui persepsi mereka terhadap perubahan iklim yang terjadi.

Exposure, sensitivity dan *adaptive capacity* diterjemahkan dalam beberapa variabel dan indikator kerentanan sumberdaya air. Keterpaparan/eksposur didapat dengan analisis korelasi antara variabel iklim dengan kejadian bencana iklim. Data yang digunakan adalah data curah hujan, data suhu udara, dan data kejadian iklim ekstrim yaitu banjir dan kekeringan. Sedangkan indikator sensitifitas menggunakan data sosial ekonomi (tingkat pendidikan, aksesibilitas, kelembagaan, sumber pendapatan, mata pencaharian utama dan ketergantungan terhadap sumber daya alam), infrastruktur (jumlah bangunan hidrologi, proporsi bangunan non permanen, jarak bangunan dengan sumber bencana, dan proporsi bangunan di garis pantai), dan ekologi (luas/proporsi hutan, luas/proporsi hutan yang diubah peruntukannya, dan jumlah/proporsi bantaran sungai yang labil). Indikator kapasitas adaptif dalam penelitian ini digabung dengan indikator sensitifitas dengan asumsi bahwa keduanya menggunakan variabel yang sama. Yang membedakan adalah apabila variabel tersebut bersifat meningkatkan kerentanan maka dimasukkan ke dalam sensitifitas, dan bila bersifat menurunkan dimasukkan ke dalam kapasitas adaptif.

Untuk mengidentifikasi pola adaptasi masyarakat digunakan panduan dari UNFCCC (2007) yang membagi adaptasi menurut 5 sektor yaitu sumber daya air, agrikultur dan ketahanan pangan, kesehatan, ekosistem terestris, dan kawasan pantai. Table panduan identifikasi bentuk adaptasi masyarakat adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Panduan Identifikasi Bentuk Adaptasi Masyarakat

Sektor	Adaptasi reaktif	Adaptasi antisipatif
Sumber daya air	<ul style="list-style-type: none"> - Perlindungan sumber air tanah - Perbaikan pengelolaan dan pemeliharaan system pasokan air - Perlindungan daerah tangkapan air - Peningkatan pasokan air - Pemanenan air tanah dan air hujan serta desalinasi 	<ul style="list-style-type: none"> - Pemanfaatan air berulang - Konservasi daerah tangkapan air - Perbaikan system pengelolaan air - Reformasi kebijakan sumberdaya air meliputi kebijakan harga dan irigasi - Pengembangan pengendalian banjir dan monitoring kekeringan

Sektor	Adaptasi reaktif	Adaptasi antisipatif
Agrikultur dan ketahanan pangan	<ul style="list-style-type: none"> - Pengendalian erosi - Pembangunan dan untuk irigasi - Perubahan penggunaan pupuk - Introduksi jenis tanaman baru - Pemeliharaan kesuburan tanah - Perubahan masa tanam dan panen - Program pendidikan konservasi serta pengelolaan tanah dan air 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengembangan tanaman yang toleran/resisten (terhadap kekeringan, penggaraman, hama) - Penelitian dan pengembangan - Manajemen tanah dan air - Diversifikasi dan intensifikasi makanan dan tanaman pangan - Kebijakan terukur, pajak, insentif/subsidi, pasar bebas - Pengembangan system peringatan dini
Kesehatan masyarakat	<ul style="list-style-type: none"> - Reformasi manajemen kesehatan masyarakat - Perbaikan perumahan dan kondisi tempat tinggal - Perbaikan respon tanggap darurat/emergensi 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengembangan system peringatan dini - Perbaikan pengawasan dan pengendalian penyakit/vector - Perbaikan kualitas lingkungan - Perubahan tata kota dan desain perumahan
Ekosistem terestris	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaikan system manajemen termasuk pengendalian deforestasi, reforestasi dan afforestasi - Promosi agroforestry untuk peningkatan hasil hutan dan jasa lingkungan - Pengembangan/perbaikan rencana manajemen kebakaran hutan - Peningkatan simpanan karbon dalam hutan 	<ul style="list-style-type: none"> - Pembuatan taman nasional/areal konservasi dan koridor biodiversitas - Identifikasi/pengembangan spesies resisten terhadap perubahan iklim - Penilaian yang lebih baik kerentanan ekosistem - Monitoring species - Pengembangan dan pemeliharaan bank benih - Melibatkan faktor sosial ekonomi dalam kebijakan manajemen
Kawasan pantai dan perairan laut	<ul style="list-style-type: none"> - Perlindungan infrastruktur ekonomi - Kepedulian masyarakat terhadap peningkatan perlindungan pantai dan ekosistem laut - Penguatan bangunan tembok laut/pantai - Perlindungan dan konservasi batu karang, mangrove, rumput laut dan vegetasi daerah pesisir 	<ul style="list-style-type: none"> - Manajemen kawasan pantai terintegrasi - Perencanaan dan zonasi kawasan pantai yang lebih baik - Pengembangan legislasi untuk perlindungan pantai - Penelitian dan monitoring pantai dan ekosistem pantai

Indikator keterpaparan, sensitifitas, dan kapasitas adaptasi yang digunakan dalam penelitian-penelitian di Balai Penelitian Kehutanan Kupang disajikan dalam table berikut.

Tabel 4. Indikator Kerentanan yang digunakan dalam Penelitian di BPK Kupang

No.	Keterpaparan	Sensitivitas dan Kapasitas Adaptif	
<p>A</p> <p>Data Iklim Curah hujan Suhu udara</p> <p>B</p> <p>Data kejadian iklim ekstrim Banjir Kekeringan</p>		<p>A</p> <p>B</p> <p>C</p>	<p>Sosial Ekonomi Tingkat pendidikan Aksesibilitas Kelembagaan Sumber pendapatan Mata pencaharian utama</p> <p>Infrastruktur Jumlah bangunan hidrologi Proporsi bangunan non permanen Jarak bangunan dengan sumber bencana Proporsi bangunan di garis pantai</p> <p>Ekologi Luas/proporsi hutan Luas/proporsi hutan yang diubah peruntukannya Jumlah/proporsi bantaran sungai yang labil</p>

3. Pengumpulan Data dan Informasi di Makasar

Dibandingkan dengan BPK Manokwari dan BPK Kupang, isu perubahan iklim kurang begitu diangkat untuk menjadi topic penelitian di Balai Penelitian Kehutanan Makasar. Terdapat 2 kegiatan yang mendukung penelitian terkait perubahan iklim, yang secara khusus mengangkat tema mengenai penghitungan cadangan karbon hutan yaitu sebagai berikut:

- a. Kajian mengenai Ekonomi dan Kebijakan Pengurangan Emisi dari Deforestasi dan Degradasi yang berlokasi di Kabupaten Bantaeng dengan judul “Kajian Tata Kelola REDD dan REDD+ di Kabupaten Bantaeng. (Laporan Hasil Penelitian terlampir)
- b. Pembangunan PSP pada KHDTK Maili, Kec. Maili, Kab. Luwu Timur untuk keperluan pendugaan cadangan karbon.

Meskipun di Balai Penelitian Makasar belum ada penelitian yang mengambil tema kerentanan maupun adaptasi perubahan iklim, namun di Pusat Pengendalian Pengembangan Ekoregion Sulawesi dan Maluku yang berkedudukan di Makasar telah diidentifikasi beberapa kajian tentang kerentanan perubahan iklim sebagai berikut:

- a. Kajian “Dampak Perubahan Iklim pada Erosi, merupakan proyek penelitian Adaptasi Perubahan Iklim melalui Pembangunan Kota yang Berkelanjutan, dengan dukungan dana dari Aliansi Riset untuk Pembangunan CSIRO-AusAID
- b. Kajian “Iklim Makassar Saat Ini dan Masa Depan”, merupakan proyek penelitian Adaptasi Perubahan Iklim melalui Pembangunan Kota yang Berkelanjutan (SUD), dengan dukungan dana dari Aliansi Riset untuk Pembangunan CSIRO-AusAID.
- c. Adaptasi Perubahan Iklim melalui Pembangunan Kota yang Berkelanjutan, Studi kasus sistem air perkotaan di Makassar. Proyek ini merupakan upaya kolaboratif antara *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (CSIRO) dengan institusi-institusi Indonesia, yaitu Universitas Hasanuddin (UNHAS), KLH – Pusat Pengelolaan Ekoregion Sulawesi Maluku dan Papua (PPE Sumapapua), Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), PDAM Makassar, Dinas Pekerjaan Umum (DPU) dan Badan Lingkungan Hidup (BLHD) Makassar dengan dukungan dana dari Aliansi Riset untuk Pembangunan CSIROAusAID .
- d. Kajian “Proyeksi Aliran Sungai di MAMMINASATA Periode 2020-2040”, merupakan bagian dari proyek penelitian Adaptasi Perubahan

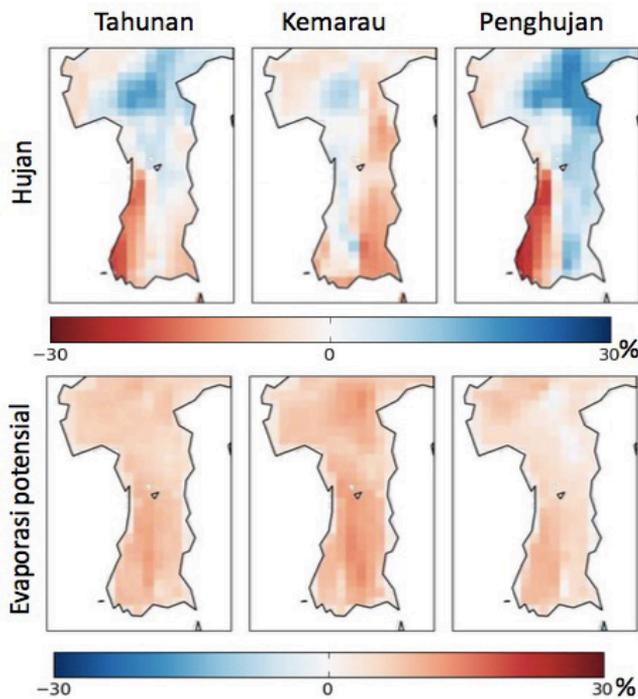
Iklm melalui Pembangunan Kota yang Berkelanjutan (SUD), dengan dukungan dana dari Aliansi Riset untuk Pembangunan CSIRO-AusAID.

- e. “Dampak Perubahan Iklim dan Pembangunan Perkotaan pada Ketahanan Air Masa Depan dan Pilihan Adaptasi untuk Kota Makassar”, merupakan Sintesis hasil-hasil proyek penelitian Adaptasi Perubahan Iklim melalui Pembangunan Kota yang Berkelanjutan (SUD)
- f. Pemetaan Kerentanan Di Daerah Provinsi Serta Inventarisasi Kebijakan Dan Kelembagaan Dalam Rangka Antisipasi Dampak Perubahan Iklim oleh Dewan Nasional Perubahan Iklim.
- g. Kajian Daya Dukung terhadap Perubahan Iklim
Kajian ini masih dalam tahap *exercise*, dengan indikator adalah ekosistem, tutupan lahan dan koefisien.

Sebagaimana terlihat, kegiatan kajian terkait adaptasi perubahan iklim yang dilakukan oleh Pusat Pengendalian Pengembangan Ekoregion Makasar merupakan kerjasama dengan CSIRO dan AusAID dalam kerangka proyek penelitian pembangunan kota berkelanjutan (*sustainable urban development*). Kajian ini melakukan analisis data iklim historis dan proyeksi di Makasar. Hasil kajian menunjukkan bahwa suhu rata-rata tahunan di Makasar sejak 1981 menunjukkan adanya kenaikan sebesar $0,27^{\circ}\text{C}$ per dekade. Hal ini konsisten dengan pola kenaikan suhu global, dan suhu Indonesia sebesar $0,3^{\circ}\text{C}$ pada abad 20. Analisa data hujan sejak tahun 1950 tidak menunjukkan adanya perubahan pada musim hujan, tapi pada musim kemarau ada kecenderungan penurunan sekitar 36% - relatif terhadap rata-rata jangka panjangnya. Curah hujan juga menjadi lebih bervariasi dari tahun ke tahun. Untuk proyeksi ke depan, digunakan *Conformal Cubic Atmospheric Model* (CCAM) untuk mendetailkan informasi dari lima model iklim global, yang dijalankan dengan skenario emisi IPCC-A2, untuk mensimulasikan iklim di wilayah Pulau Sulawesi tahun 1970-2100. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa suhu rata-rata tahunan akan meningkat sebesar $0,29$ hingga $0,39^{\circ}\text{C}$ per decade. Sebagian besar model menunjukkan penurunan curah hujan di sekitar Makassar. Awal musim hujan relatif tetap namun akhir musim hujan menjadi lebih cepat, dan panjang musim hujan diproyeksikan lebih singkat 12 hari dari biasanya. Intensitas hujan ekstrim-tinggi diproyeksikan sedikit berkurang.



Gambar 6. Data terukur dan proyeksi suhu tahunan Makassar berdasarkan 5 model



Gambar 7. Proyeksi perubahan hujan dan evaporasi potensial pada tahun 2030an relatif pada tahun 1990an di wilayah Sulawesi Selatan

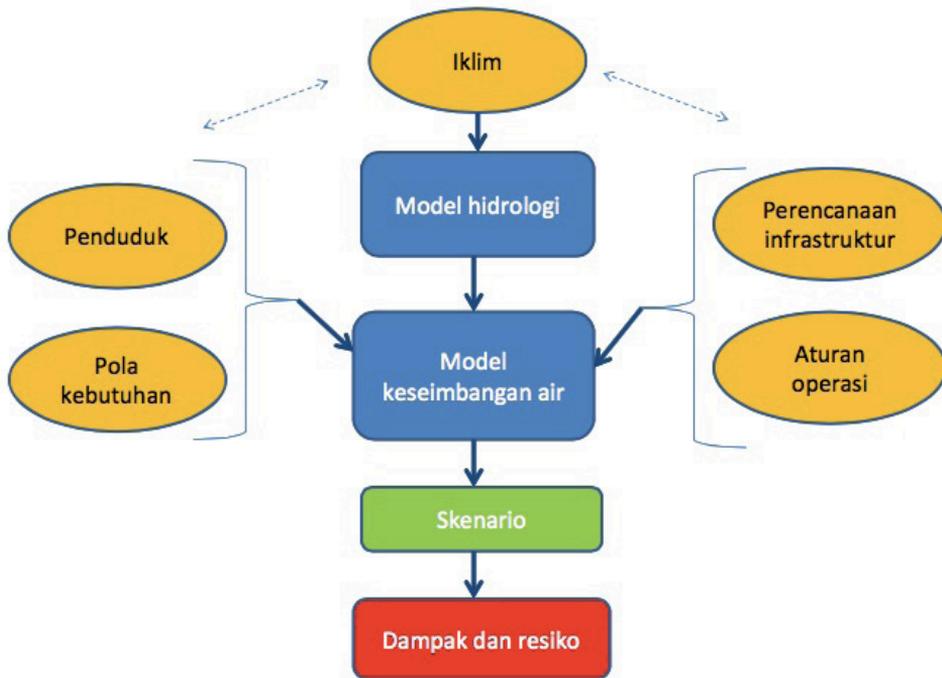
Proyeksi iklim di atas digunakan untuk membuat skenario hujan dan evaporasi potensial sebagai input ke dalam dua model hidrologi: *SIMHYD* dan *Sacramento*. Dua model untuk mengestimasi debit aliran sungai tersebut dikalibrasi menggunakan data di Stasiun Puca di Sungai Maros dan Stasiun Patalikang di Sungai Jeneberang. Hasil analisis untuk Sungai Maros di lokasi dekat Bendung Lekopancing menunjukkan pada periode 2020-2040 akan terjadi penurunan debit rata-rata tahunan sebesar 18 persen relatif terhadap periode 1980-1999. Jumlah hari dengan debit rendah ($< 2 \text{ m}^3/\text{detik}$) akan meningkat 20 persen. Selain itu, debit aliran ekstrim-tinggi diproyeksikan akan berkurang meskipun ada kisaran ketidakpastiannya.

Kajian ini juga mengestimasi laju erosi tanah saat ini dan di masa depan di tiga DAS yang mempengaruhi Kota Makassar dan MAMMINASATA (Makassar, Maros, Gowa, dan Takalar). Kajian ini menggunakan kombinasi rumus *Universal Soil Loss Equation* (USLE), teknik penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG) untuk menghitung erosi tanah. Hasilnya menunjukkan jumlah erosi tanah akan turun sekitar 35 persen. Akan tetapi, kategori laju erosinya masih akan relatif sama dengan kategori laju erosi saat ini. Hal ini mengisyaratkan bahwa persoalan terkait dengan tingginya kekeruhan air baku – karena material erosi – akan tetap menjadi masalah.

Penelitian keseimbangan antara permintaan dan penyediaan air permukaan di Makassar menggunakan perangkat lunak *Resource Allocation and Modelling* (REALM). Kerangka kajiannya mengintegrasikan **iklim**, **hidrologi**, **jumlah penduduk**, **infrastruktur** dan **aturan operasi** yang dapat digunakan untuk mengkaji ketahanan air Makassar dalam berbagai skenario yang memungkinkan dari 2020 hingga 2050.

Hasil analisisnya menunjukkan ketahanan air di masa depan dipengaruhi oleh kenaikan jumlah penduduk dan yang berkaitan dengan hal itu yaitu kenaikan kebutuhan air. Permasalahan yang terkait dengan aliran sungai yang bersifat musiman masih akan terus terjadi, konsisten dengan proyeksi dampak perubahan iklim pada debit aliran sungai, meski peningkatan infrastruktur seperti yang direncanakan dalam *masterplan* telah diimplementasikan. Hasil analisis juga menunjukkan permintaan air perkotaan dan perdesaan (pertanian) akan mengurangi air simpanan saat musim kemarau.

Alur piker dan kerangka kajian yang digunakan dalam studi ketahanan air di Kota Makassar disajikan dalam gambar sebagai berikut:



Gambar 8. Kerangka kajian untuk menilai ketahanan air Kota Makassar berdasarkan berbagai skenario

Kajian dengan unit analisis lebih luas (mencakup 2 provinsi yaitu Sulawesi Selatan dan Gorontalo) dilakukan oleh Dewan Nasional Perubahan Iklim (DNPI) di tahun 2011. Kegiatan tersebut berupa kajian pemetaan kerentanan di provinsi Sulawesi Selatan dan provinsi Gorontalo. Kajian ini bertujuan untuk membuat peta kerentanan fisik, sosial, dan ekonomi akibat perubahan iklim di Provinsi Sulawesi Selatan dan Provinsi Gorontalo. Sebagai bagian dari analisis kerentanan akibat perubahan iklim, dilakukan analisis iklim historis berdasarkan data observasi serta kajian proyeksi berdasarkan hasil keluaran model iklim global dengan beberapa pilihan skenario emisi dari *Special Report on Emission Scenarios (SRES)*.

Hasil analisis data curah hujan, suhu, dan kecepatan angin menunjukkan telah terjadi perubahan kondisi iklim di Sulawesi Selatan dan Gorontalo. Analisis anomali curah hujan dan peluang curah hujan ekstrim menunjukkan telah terjadi

peningkatan frekuensi dan peluang hujan ekstrem dalam satu dekade terakhir dibandingkan dengan dekade sebelumnya. Kejadian bencana ekstrem terkait penyimpangan curah hujan (banjir dan kekeringan) di Provinsi Sulawesi Selatan dan Provinsi Gorontalo terkait erat dengan fenomena iklim global seperti ENSO dan IOD. Walaupun tidak ada kepastian tentang proyeksi ENSO, namun hasil analisis dari 12 model menunjukkan adanya sedikit kecenderungan peningkatan frekuensi kejadian El-Nino dan La-Nina. Jika peningkatan frekuensi tersebut terjadi di masa yang akan datang, peluang dan risiko kejadian kekeringan (El Nino) dan banjir (La Nina) akan semakin meningkat di Sulawesi Selatan dan Gorontalo.

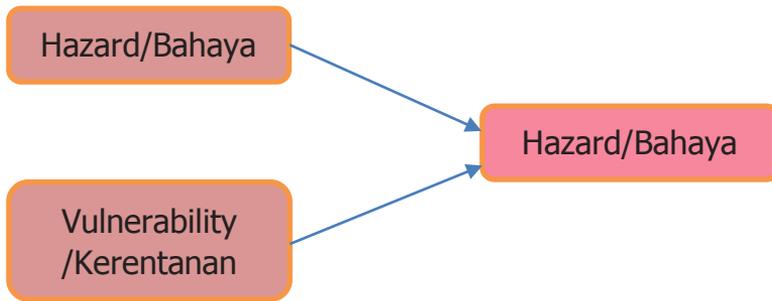
Informasi kerentanan daerah provinsi sebagai dampak perubahan iklim digambarkan dalam bentuk matriks risiko iklim yang mengintegrasikan pendekatan kapasitas adaptif (dalam bentuk analisis *Coping Capacity Index/CCI*) dan pendekatan risiko bencana iklim (dalam bentuk analisis *Composite Climate Hazard Index/CCHI*). Kedua analisis tersebut dilakukan dalam kondisi berdasarkan data tahun 2009 sebagai *baseline (current vulnerability)* dan kondisi di masa depan yang dipengaruhi oleh kondisi iklim dan perubahannya pada saat tersebut (*future vulnerability*). *Coping Capacity Index (CCI)* diturunkan dari analisis Indeks Kerentanan Kumulatif Daerah (IKeKD) berdasarkan 7 parameter kunci dan Indeks Kapasitas Kumulatif Daerah (IKaKD) yang didasarkan pada 5 parameter kunci.

Hasil analisis berdasarkan data sekunder yang ada menunjukkan bahwa rata nilai Indeks Kerentanan Kumulatif Daerah (IKeKD) Provinsi Sulawesi Selatan berada pada kategori Cukup Tahan (CT). Namun jika dilihat masing-masing daerah nilai IKeKD berada pada kisaran 0,3 – 0,9 sehingga tingkat kerentanan daerah Provinsi Sulawesi Selatan berada pada kategori Cukup Tahan (CT) – Sangat Rentan (SR). Hasil analisis nilai Indeks Kapasitas Kumulatif Daerah (IKaKD) menunjukkan bahwa mayoritas daerah di Provinsi Sulawesi Selatan tergolong pada kategori kapasitas Sedang (Cukup). Secara umum kapasitas daerah kota lebih tinggi daripada daerah kabupaten. Hal ini menggambarkan wilayah kota memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam mengantisipasi dampak perubahan iklim. Kabupaten Luwu Timur merupakan daerah yang memiliki kapasitas tertinggi, sementara terendah Kabupaten Gowa.

4. Pengumpulan Data dan Informasi di Balikpapan

Sasaran lokasi pengumpulan data mengenai penelitian maupun kegiatan terkait perubahan iklim dilakukan di Balai Penelitian Teknologi Konservasi Sumber Daya Alam Samboja, Pusat Pengendalian Pembangunan Ekoregion Kalimantan, BLHD Provinsi Kalimantan Timur, BAPPEDA Provinsi Kalimantan Timur, dan DDPI Provinsi Kalimantan Timur. Terdapat dua penelitian/kajian yang patut dicatat terkait perubahan iklim sebagai berikut:

- a. Penelitian dengan judul "Studi habitat dan perilaku bekantan (*nasalis larvatus*) terhadap variasi musim dan cuaca ekstrim di pesisir Kalimantan Timur" oleh tim peneliti dari Balai Penelitian Teknologi Konservasi Sumber Daya Alam Semboja. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa curah hujan dan suhu udara rata-rata mengalami peningkatan yang sedikit berpengaruh pada kehidupan bekantan. Namun demikian perlu dicatat bahwa penelitian ini terkendala data seri iklim yang pendek dan tidak kontinyu (data tahun 1990-an, dan data tahun 2011), dan data suhu dan curah seri yang tersedia hanya selama 10 tahun dari Bandara Sepinggan
- b. Kegiatan identifikasi kerawanan dan potensi kerusakan lingkungan akibat pemanfaatan sumberdaya alam di Kalimantan, dilaksanakan oleh P3E Kalimantan di Balikpapan. Tujuan dari kegiatan ini adalah menyusun peta kerawanan kerusakan lingkungan dan peta potensi kerusakan lingkungan di Kalimantan. Metode yang digunakan adalah menggunakan analisis spasial untuk menentukan peta kerawanan kerusakan lingkungan. Konsep kerentanan dijelaskan dengan mengaitkannya dengan resiko, di mana resiko merupakan fungsi dari bahaya (*hazard*), dan kerentanan (*vulnerability*). Dalam kajian ini, konsep kerentanan tidak dijabarkan sebagai fungsi dari keterpaparan, sensitifitas, dan kapasitas adaptif. Oleh karena itu, indikator kerawanan yang digunakan juga tidak dibedakan sesuai kategori tersebut.



Gambar 9. Hubungan Bahaya, Kerentanan, dan Risiko

Indikator yang digunakan adalah arahan fungsi pemanfaatan lahan, morfologi DAS, status lahan, lahan gambut dan pemanfaatan lahan. Justifikasi pemilihan variabel-variabel tersebut sebagai pembentuk tingkat kerawanan adalah sebagai berikut:

- Arahan fungsi pemanfaatan lahan

Arahan fungsi pemanfaatan lahan dipilih karena peta ini memberikan informasi mengenai petunjuk pemanfaatan lahan yang sesuai dengan kondisi fisik lahannya yang diwakili oleh aspek intensitas hujan, tekstur tanah dan kemiringan lereng. Pemanfaatan lahan yang dianjurkan dalam peta ini dikelompokkan ke dalam 4 katagori, yaitu: kawasan lindung, kawasan penyangga, kawasan budidaya tanaman tahunan dan kawasan budidaya tanaman semusim. Dasar dari pengelompokkan tersebut adalah tingkat bahaya erosi atau kehilangan tanah yang yang mungkin timbul akibat interaksi antara ketiga variabel yang menyusun peta ini. Semakin tinggi potensi untuk terjadi erosi/kehilangan tanah maka akan dikelompokkan dalam kawasan lindung, dan sebaliknya semakin kecilpotensi untuk erosi/kehilangan tanah akan dikelompokkan dalam kawasan budidaya.

- Morfologi DAS

Morfologi DAS menggambarkan pembagian wilayah DAS ke dalam tiga katagori, yaitu: wilayah hulu, wilayah tengah dan wilayah hilir. Ketiga wilayah tersebut memiliki karakteristik yang khas dengan fungsi yang khusus pula dimana ada keterkaitan yang erat antara ketiganya. Wilayah di bagian atas (hulu) akan mempengaruhi wilayah di bagian tengah, sedangkan wilayah hulu dan tengah

akan mempengaruhi bagian bawah DAS. Oleh karena itu pemanfaatan lahan pada tiap wilayah tersebut harus benar-benar kondisi fisik wilayahnya. Berdasarkan kaitan tersebut maka morfologi DAS dipilih untuk menjadi salah satu variabel dalam penyusunan peta rawan ini.

- Status lahan

Variabel ini menyatakan aspek legal dari pemanfaatan suatu wilayah atau kawasan, yang diatur melalui peraturan Menteri Kehutanan. Dalam peta ini sudah dibagi pemanfaatan yang diijinkan pada sebidang lahan. Dasar penentuannya adalah: (a) kondisi biogeofisik lahan tersebut dan atau (b) kesepakatan yang diambil oleh para pemangku kepentingan atas lahan tersebut. Jenis status lahan yang dinilai dalam penelitian ini adalah: kawasan hutan lindung, kawasan taman nasional, kawasan cagar alam, kawasan suaka margasatwa, kawasan lindung setempat (sempadan), dan kawasan APL (area penggunaan lain).

- Lahan gambut

Variabel lahan gambut dimasukkan dalam penyusunan peta rawan ini dengan pertimbangan daerah kajian yang berada di Pulau Kalimantan memiliki lahan gambut yang cukup luas dimana lahan gambut tersebut memiliki karakteristik yang khusus untuk dimanfaatkan. Lahan gambut yang masih berusia muda sangat rawan untuk mengalami kerusakan akibat pemanfaatan lahan di atasnya, padahal apabila sudah rusak rehabilitasinya akan sangat sulit, sehingga sebaiknya pemanfaatan lahan di atas lahan gambut harus benar-benar diperhatikan. Skoring pada variabel ini berdasarkan keberadaan lahan gambut dan lahan bukan gambut.

- Pemanfaatan lahan

Variabel ini menunjukkan pola pemanfaatan lahan yang ada pada saat ini oleh penduduk pada suatu wilayah. Pemanfaatan lahan ada yang bersifat menjaga kelestarian lingkungan seperti hutan, namun ada juga yang berpotensi untuk merusak lingkungan seperti tambang. Kehadiran suatu penggunaan lahan pada suatu wilayah akan membawa dampak bagi wilayah tersebut, sehingga variabel ini sangat penting dalam penyusunan peta rawan kerusakan lingkungan.

Variabel ini dinilai berdasarkan jenis penggunaan lahan yang dibagi menjadi 19 jenis yaitu: pertambangan, hutan tanaman industri, hak pengusahaan hutan, perkebunan sawit, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering bercampur semak, pertanian lahan basah (semak), savanna, semak belukar, tanah terbuka, tambak, permukiman, hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, hutan mangrove primer, hutan mangrove sekunder, hutan rawa primer, hutan rawa sekunder, dan danau.

Setelah proses skoring selesai, tingkat kerawanan dihitung menggunakan rumus:

$$K = (A+M+S+G) \times P$$

di mana :

- K adalah tingkat kerawanan
- A adalah arahan fungsi pemanfaatan
- M adalah morfologi DAS
- S adalah status kawasan
- G adalah keberadaan lahan gambut
- P adalah pemanfaatan lahan

Kelima indikator tersebut *dioverlay* untuk mendapatkan peta kerawanan yang dibagi menjadi 3 kelas, dengan hasil yang tertera dalam table berikut:

Tabel 5. Tingkat Kerawanan Wilayah Kalimantan Hasil Analisis Kerawanan oleh P3E Kalimantan

No	Tingkat Kerawanan	Persentase dari total area provinsi (%)			
		Kalimantan Barat	Kalimantan Tengah	Kalimantan Selatan	Kalimantan Timur
1	Rendah	49.73	36.84	20.35	50.10
2	Sedang	39.45	20.84	59.72	16.77
3	Tinggi	10.81	42.32	19.93	33.13

Kajian ini merupakan contoh dari studi tingkat kerentanan dengan menggunakan data spasial. Kajian ini menghasilkan peta tingkat kerawanan lingkungan

akibat eksploitasi sumber daya alam di pulau Kalimantan. Kajian ini tidak mengklasifikasikan indikator-indikator yang digunakan kedalam kategori sensitivitas, keterpaparan, maupun kapasitas adaptif. Masing-masing variabel mempunyai komponen-komponen variabel yang kemudian diberi skor (*scoring*) dengan justifikasi yang dijelaskan secara detil.

Sebagaimana dapat dilihat, kajian ini hanya menangkap tingkat kerentanan dari faktor biofisik tanpa mempertimbangkan aspek sosial ekonomi budaya masyarakat yang tinggal di wilayah kajian.

5. Pengumpulan Data dan Informasi di Yogyakarta

Sasaran lokasi pengumpulan data dan informasi terkait kajian kerentanan di Yogyakarta adalah di Balai Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan, Pusat Pengendalian Pembangunan Ekoregion Jawa, Badan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi, dan Dinas Kehutanan Provinsi. Dari data dan informasi yang didapatkan beberapa penelitian/kajian/kegiatan berikut ini patut dicatat, sebagai berikut:

- a. Penelitian dengan judul Seleksi Spesies Adaptif pada Daerah Kering untuk Antisipasi Perubahan Iklim Global. Dari penelitian ini didapatkan hasil sebanyak 29 spesies di Indonesia yang potensial untuk tumbuh di daerah dataran rendah/pantai yang kering (CH 1000-1500 mm/thn). Spesies-spesies tersebut telah diseleksi berdasarkan penampilannya, kemanfaatannya, ketersediaan materi genetiknya, serta kemudahan untuk dikembangkan.
- b. Analisis Kebijakan pengendalian Kerusakan Pesisir, Pantai dan Laut di Provinsi DIY. Kegiatan ini dilaksanakan oleh Badan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DIY pada tahun 2014. Dari hasil kajian lingkungan ditemukan 6 (enam) jenis kerusakan yang terjadi dan berpotensi akan semakin besar kerusakannya apabila tidak segera ditanggulangi baik secara fisik maupun non fisik. Terdapat dua wilayah yang paling serius terkena dampak kerusakan yaitu Kabupaten Bantul dan Kabupaten Kulon Progo. Hanya sedikit peraturan daerah yang secara khusus mengatur tentang pengendalian jenis kerusakan yang terjadi. Artinya bahwa telah terjadi kekosongan hukum dalam hal pengendalian kerusakan wilayah pesisir.

Penelitian yang dilakukan di Balai Besar Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan Yogyakarta mencoba mengidentifikasi spesies-spesies adaptif di daerah kering. Dampak perubahan iklim terhadap tanaman hutan diantaranya adalah terjadinya fragmentasi populasi, kematian tanaman di segala umur, penurunan vigoritas, meningkatnya serangan hama dan penyakit, dan penyempitan diversitas genetik. Dengan adanya perubahan-perubahan tersebut, tanaman menjadi semakin rentan. Hanya spesies dengan kemampuan adaptif tinggi yang mampu bertahan terhadap perubahan-perubahan tersebut.

Dalam penelitian ini, pengujian adaptifitas diamati antar spesies maupun dalam spesies dengan membandingkan pengamatan di lapangan dengan kondisi terkontrol. Pengamatan spesies adaptif daerah kering dilakukan di 7 lokasi penelitian yaitu di Madura, Taman Nasional Alas Purwo, Taman nasional Baluran, Taman nasional Lore Lindu, Taman Nasional Laiwangi Wanggameti, Sumba Timur, dan Sumba Barat. Spesies-spesies tersebut diuji dengan cara ditanam di lapangan dan di lingkungan terkontrol.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat adaptasi tanaman berbeda antar spesies dan dalam spesies. Perbedaan adaptifitas tanaman dalam spesies ditentukan oleh asal benihnya. Mempertahankan biodiversitas sangat penting untuk pertahanan ekosistem dan pemanfaatan oleh masyarakat. Oleh karena itu hutan alam perlu dikelola secara benar, dan perlu optimalisasi hutan tanaman pada lahan marginal menggunakan spesies adaptif.

6. Pengumpulan Data dan Informasi di Solo

Sasaran lokasi pengumpulan data dan informasi mengenai kajian kerentanan di Solo difokuskan pada Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan DAS. Penelitian-penelitian terkait kerentanan dan adaptasi terhadap perubahan iklim dan cuaca ekstrim antara lain adalah penelitian dengan judul Analisis Tentang Kerentanan Hutan Tropis Terhadap Perubahan Iklim dan Rekomendasi Kebijakan Adaptasinya yang merupakan bagian Rencana Penelitian Integratif dari Adaptasi Bioekologi Dan Sosial Ekonomi Budaya Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim. Beberapa penelitian lain yang terkait perubahan iklim dapat dirinci sebagai berikut:

- a. Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Hasil Air: Studi Kasus di Daerah Aliran Sungai Bajulmati (2013)
- b. 2011: Adaptasi Teknik Konservasi Tanah Dan Air Terhadap Perubahan Iklim Di Sub Daerah Aliran Sungai Samin Hulu
- c. Belajar dari Masyarakat di Daerah Langka Air Sebagai Dasar Adaptasi Perubahan Iklim Dalam Pengelolaan Sumberdaya Air (2011)
- d. Strategi Konservasi Sumber Daya Air Dalam Upaya Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim: Kasus Daerah Tangkapan Waduk (DTW) Mrica
- e. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Ekonomi Rumah Tangga Penyadap Pinus (2011)
- f. Studi Awal Dampak Perubahan Iklim dan Adaptasi Petani Pada Pengelolaan Tanaman Semusim (2011)
- g. Pemilihan Teknik Konservasi Tanah Berdasarkan Kerentanan Lahan di DAS Pemali (2015)
- h. Penentuan Kerentanan Lahan Suatu DAS Menggunakan Data Minimal (2015)
- i. Identifikasi Tingkat Kerentanan Lahan Pada Daerah Aliran Sungai Ladi di Pulau Batam Sebagai Bahan Perencanaan Pengelolaan DAS (2015)
- j. Kerentanan Banjir di DAS Solo (2014)
- k. Aplikasi Sistem Informasi Geografis untuk Penilaian Tingkat Kerentanan Lahan Terhadap Degradasi di Daerah Aliran Sungai Musi (2013)
- l. Kerentanan Sosial Ekonomi Dan Biofisik Di DAS Serayu: *Collaborative Management* (2013)
- m. Analisis Kerentanan Sosial Ekonomi Kelembagaan Untuk Mitigasi Kerusakan Ekosistem Danau Batur Bali (2012)
- n. Identifikasi Kerentanan Lahan Di Daerah Tangkapan Air Sebagai Dasar Pelestarian Danau Rawa Pening (2012)
- o. Identifikasi Kerentanan Sosial Ekonomi Kelembagaan untuk Pengelolaan DAS Tulis (Dataran Tinggi Dieng) (2012)
- p. Identifikasi Kerentanan Sosial Ekonomi Kelembagaan Sebagai Dasar Perencanaan Sub Daerah Aliran Sungai Progo Hulu (2012)
- q. Analisis Kerentanan Ekosistem Hutan Akibat Perubahan Iklim dengan Penginderaan Jauh di Gunung Baluran (2011)
- r. Penelitian Analisis Kerentanan Tumbuhan Hutan Akibat Perubahan Iklim dan Cuaca Ekstrim (2012)

Sebagaimana terlihat, ternyata cukup banyak penelitian di Balai Penelitian Teknologi Pengelolaan DAS yang terkait dengan adaptasi perubahan iklim maupun kajian kerentanan. Mengingat cakupan tugas dan fungsinya, penelitian dan kajian yang dilakukan pada umumnya mengambil fokus wilayah DAS sebagai lokasi penelitiannya. Perubahan iklim wilayah yang diindikasikan oleh penurunan curah hujan ataupun peningkatan suhu, ditambah dengan perubahan penggunaan lahan dalam skala luas telah menyebabkan penurunan kualitas sumber daya DAS di Indonesia. Kemerossotan kualitas sumber daya DAS nampak dari perubahan regime hidrologi DAS dan telah meningkatkan frekuensi kejadian ekstrem dan bencana lingkungan. Perubahan ini diyakini lebih karena penggundulan lahan hutan yang telah berlangsung sejak awal abad 20 dan meningkat secara luas dalam tiga dasawarsa terakhir ini. Disarankan agar kajian hidrologi DAS di Indonesia dapat dilakukan lebih intensif dan sistematis. Strategi pengelolaan DAS terpadu memberi pilihan pola penggunaan lahan dan kehutanan akan menentukan kondisi masa depan lingkungan hidup di Indonesia yang mendukung kebijakan pembangunan berkelanjutan. Program aksi konservasi sumber daya DAS harus berawal dari kegiatan revegetasi, rehabilitasi lahan dan konservasi tanah untuk mengatasi degradasi lahan dan hutan yang didukung oleh penelitian terkait pengelolaan DAS.

Metode penelitian yang digunakan cukup beragam mulai dari penggunaan data spasial hingga penelitian sosial ekonomi budaya untuk mengetahui adaptasi masyarakat terhadap perubahan iklim.

Penelitian di Sub DAS Samin Hulu bertujuan untuk mengetahui pola perubahan iklim di Sub DAS Samin hulu sebagai basis aplikasi teknik konservasi tanah dan air yang adaptif. Analisis data **hujan harian** selama 27 tahun (1983-2009) pada Stasiun Hujan Kebun Benih Hortikultura Tawangmangu menunjukkan bahwa Hujan di Sub DAS Samin hulu memiliki kecenderungan menurun baik jumlah, erosivitas maupun hujan maksimumnya. Namun **erosivitas hujan** bulan Oktober, Desember, Maret dan April cenderung meningkat, sebaliknya erosivitas bulan November, Januari, Februari dan Mei cenderung berkurang. Adanya kecenderungan jumlah curah hujan tahunan yang menurun, maka perlu peningkatan konservasi air untuk memenuhi kebutuhan pasokan air, terutama pada musim kemarau. Bentuk adaptasi untuk mengurangi dampak erosi adalah perubahan pola tanam dan penggunaan pupuk organik. Pengolahan tanah dengan membuat teras miring ke depan tanpa perubahan

lereng alami, hanya panjang lereng dipotong menjadi sekitar satu meter oleh saluran drainase yang searah kontur, cukup mampu mengurangi erosi. Endapan partikel tanah pada saluran drainase harus dikembalikan ke bidang olah secara intensif.

Penelitian yang dilakukan di Waduk Mrica bertujuan untuk mengetahui dampak perubahan iklim berikut upaya adaptasinya. Dampak perubahan iklim yang terjadi di DTW Mrica telah dirasakan oleh masyarakat baik di daerah hulu maupun hilir. Berdasarkan keterangan masyarakat di hilir maupun hulu di DTW Mrica mengindikasikan adanya perubahan pola hujan yang mengakibatkan **pergeseran awal musim**, adanya **ketidakpastian dan variabilitas iklim**, **penurunan periode masa tanam**, **ketersediaan air tanah**, **erosi** dan **sedimentasi**. Adaptasi terhadap perubahan iklim di DTW Mrica dapat dilakukan melalui konservasi tanah dan air baik secara vegetatif, mekanik maupun kimiawi.

Analisis Kerentanan Ekosistem Hutan Akibat Perubahan Iklim dengan Penginderaan Jauh di Gunung Baluran menggunakan Metode penelitian dengan analisis citra satelit yaitu dengan analisis metode penginderaan jauh. Dalam penelitian ini dibedakan antara tingkat kerentanan dinamis dan tingkat kerentanan tetap. Tingkat kerentanan dinamis dipengaruhi oleh indikator tingkat kehijauan tanaman, tingkat kelembaban/kebasahan lahan/penutupan lahan, dan tingkat kecerahan tanah. Kerentanan Tetap ditentukan oleh kondisi lahan (lereng dan arah lereng). Kerentanan Dinamis di TN Baluran dari tahun 1999 ke tahun 2010 bergeser dari yang semula kategori sedang bergeser ke kategori rentan. Dengan kondisi kerentanan tetap yang tahan dan kerentanan dinamis tidak sampai sangat rentan, maka adanya perubahan iklim dunia tidak terlalu berdampak buruk bagi ekosistem, flora dan fauna di TN Baluran.

Hasil penelitian pengaruh perubahan iklim terhadap air dengan studi kasus di Sungai Bajulmati Banyuwangi menunjukkan bahwa Suhu udara maksimum di Banyuwangi dalam kurun 1982-2002 cenderung naik sebesar 3°C, dari tahun 1982-2011 cenderung turun sedang suhu minimum relatif tetap. Curah hujan, debit sungai, dan hasil air memiliki kecenderungan yang relatif tetap selama 23 tahun pengamatan sehingga pengaruh perubahan iklim tidak berdampak pada ketiga parameter tersebut di lokasi kajian. Masyarakat tidak merasakan adanya perubahan kedalaman air sumur dan pada saat dilakukan pengukuran kedalaman sumur bervariasi dari 8,3 – 15,0 m. Adaptasi

yang dilakukan masyarakat terhadap cuaca ekstrim terutama menghadapi musim kemarau yakni menanam tanaman tumpang gilir dimana sebelum tanaman musim dipanen sudah disusul tanaman tembakau atau singkong sehingga kedua tanaman tersebut tidak mengalami kekeringan. Untuk mata pencaharian pada saat musim kemarau dimana lahan pertanian tidak dapat menghasilkan, sebagian masyarakat mencari tanaman obat ke hutan lindung terutama masyarakat yang tinggal di Maelang dan Pasaweran sedangkan masyarakat Watukebo dan Bajulmati pada saat tidak dapat mengolah lahan akibat musim kemarau, mereka mencari pekerjaan ke kota.

Penelitian untuk mengetahui dampak perubahan iklim terhadap ekonomi rumah tangga penyadap pinus dilakukan dengan menggunakan model ekonomi rumah tangga untuk mengetahui bagaimana iklim yang berubah berpengaruh terhadap unit terkecil pengambilan keputusan ekonomi. Kajian ini menggunakan asumsi perubahan iklim berupa kenaikan suhu 0.4° per dekade. Hasil kajian menunjukkan bahwa kenaikan suhu akan meningkatkan produksi getah pinus dan dengan demikian meningkatkan pendapatan. Yang menarik adalah bahwa proyeksi kenaikan suhu tidak secara signifikan berpengaruh terhadap pengeluaran dan investasi rumah tangga. Hal ini konsisten dengan hasil penelitian di Manokwari di mana kenaikan suhu justru akan menurunkan konsumsi energi. Dalam berbagai penelitian dampak perubahan iklim di daerah pesisir, di mana kenaikan muka air laut akan meningkatkan pengeluaran rumah tangga (untuk memodifikasi bangunan rumah tinggal). Penelitian ini juga menunjukkan bahwa penyadap getah pinus sangat responsif dalam menentang larangan penyadapan pinus tetapi tidak sensitif terhadap isu perubahan iklim.

Secara umum dapat dikatakan bahwa penelitian dengan tema perubahan iklim terutama terkait dengan adaptasi perubahan iklim sudah banyak dilakukan di Lokasi pengumpulan data. Penelitian dilakukan dengan pendekatan/metodologi yang berbeda-beda mulai dari pendekatan spasial hingga pendekatan sosial ekonomi. Satuan unit kajian sebagian besar mengambil unit DAS, namun ada juga yang mengambil satuan unit administrasi seperti di Manokwari. Kajian yang dilakukan oleh P3E mengambil unit analisis yang lebih besar lagi yaitu satu ekosistem pulau.

Pemahaman mengenai konsep kerentanan masih sangat beragam. Tidak semua penelitian menggunakan konsep kerentanan sebagaimana yang digunakan di dalam SIDIK. Penelitian di Manokwari menilai kerentanan dengan tingkat sensitifitas (tidak

sensitive hingga sangat sensitive). Penelitian di Nusa Tenggara Timur memasukkan unsur data-data iklim (curah hujan dan suhu udara) sebagai indikator keterpaparan. Sedangkan untuk sensitivitas dan kemampuan adaptif menggunakan indikator yang sama. Bila bersifat menurunkan kerentanan maka dimasukkan dalam indikator kapasitas adaptif, sedangkan bila meningkatkan kerentanan maka dimasukkan indikator sensitifitas. Sementara itu, penelitian mengenai kerentanan air di Makasar/Sulawesi Selatan menggunakan pendekatan system hidrologi. Indikator yang digunakan adalah data iklim, populasi/penduduk, pola kebutuhan akan air, perencanaan infrastruktur, dan ketersediaan aturan operasi. Kajian kerentanan di Kalimantan menggunakan pendekatan spasial. Peta kerentanan dihasilkan dari overlay antara peta arahan fungsi pemanfaatan lahan, peta morfologi DAS, peta status lahan, peta lahan gambut, dan pola pemanfaatan lahan. Untuk penelitian di Yogyakarta focus pada kerentanan spesies tanaman hutan terhadap perubahan iklim. Indikator yang digunakan untuk menilai tingkat adaptifitas adalah persen tumbuh (uji lapangan) dan mekanisme respon dan anatomi tumbuhan (untuk uji di ruangan terkontrol). Penelitian di Balai Penelitian Teknologi Pengelolaan DAS Solo fokus pada satuan unit ekosistem DAS. Penelitian dilakukan dengan pendekatan beragam, mulai dari pendekatan sosial-ekonomi hingga pendekatan penginderaan jauh menggunakan citra. Oleh karena itu, indikator yang digunakanpun sangat beragam mulai dari tingkat kehijauan tanaman, tingkat kelembaban/kebasahan lahan/penutupan lahan, dan tingkat kecerahan tanah, lereng dan arah lereng, serta indikator-indikator sosial ekonomi (jumlah penghasilan, jumlah pengeluaran, dsb.)

Dalam penelitian-penelitian tersebut, indikasi perubahan iklim diamati berdasarkan data observasi iklim (curah hujan dan suhu) maupun pengamatan perubahan keseharian masyarakat (melalui wawancara mendalam, FGD, dsb.). Secara khusus dapat disebutkan bahwa kajian di Sulawesi (baik oleh P3E dan DNPI) telah menggunakan basis data ilmiah yang sangat baik (analisis historis dan proyeksi data iklim).

Jika dilihat dari pendekatan yang digunakan, penelitian di BPK Kupang adalah yang paling mendekati dengan konsep kerentanan yang digunakan dalam SIDIK, dimana kerentanan dielaborasi menjadi keterpaparan, sensitifitas, dan kapasitas adaptif. Namun demikian, bila di dalam SIDIK indikator keterpaparan dan sensitifitas digabungkan untuk mendapatkan IKS, dalam penelitian di BPK Kupang justru indikator sensitifitas dan kapasitas adaptif yang digabung menjadi satu.

B. Workshop Pengembangan Indikator

SIDIK sebagai sebuah sistem perlu terus dikembangkan dan dimutakhirkan datanya agar mampu menjawab dinamika indikator-indikator yang digunakan. SIDIK juga perlu dikembangkan agar dapat digunakan oleh berbagai sektor pembangunan dalam mengidentifikasi tingkat kerentanannya. Oleh karena itu, pengembangan indikator SIDIK secara langsung harus melibatkan para pemangku kepentingan di semua sector pembangunan.

Selain melalui kegiatan perjalanan dinas, pengembangan indikator kerentanan juga dilakukandengan mengumpulkan para pemangku kepentingan ke dalam suatu workshop untuk mengidentifikasi indikator-indikator kerentanan dari masing-masing sektor. Workshop diselenggarakan sebanyak dua kali yaitu pada bulan oktober dan Desember. Workshop diselenggarakan dengan membagi peserta ke dalam kelompok kerja yang telah ditentukan, kemudian hasil identifikasi dalam kelompok tersebut dipresentasikan dalam suatu pleno di akhir acara.

Indikator-indikator kerentanan tersebut merupakan identifikasi awal yang lebih merupakan inventarisasi variabel-variabel yang diasumsikan berpengaruh terhadap tingkat kerentanan. Untuk tujuan kegiatan kajian/penelitian, indikator-indikator tersebut dapat diimplementasikan secara langsung. Namun apabila akan digunakan sebagai input dalam system SIDIK, perlu dilakukan pengkajian lebih mendalam dengan memperhatikan ketersediaan data, keberlanjutan data, dan kemungkinan penyedia data. Berdasarkan data hasil inventarisasi tersebut, langkah selanjutnya adalah penentuan indikator kunci pada tiap sektor/bidang. Identifikasi mengenai penyedia data sangat penting mengingat telah banyak dikembangkan perangkat/sistem basis data pada Kementerian/Lembaga. Oleh karena itu perlu me-link-kan/menyambungkan semua system informasi yang dikembangkan di tiap K/L untuk memperkuat SIDIK.

Dari hasil diskusi dalam workshop, terminologi kerentanan dan dampak perubahan iklim perlu dikomunikasikan ke semua pihak agar terdapat pemahaman yang sama. Hal ini dikarenakan pada umumnya peserta memahami yang dimaksud kerentanan adalah spesifik terhadap perubahan iklim. Namun kerentanan yang ada di dalam SIDIK adalah konsep kerentanan terhadap pembangunan secara umum. Bila sudah

menentukan resiko, maka SIDIK sudah mempertimbangkan bahaya/hazard dari dampak perubahan iklim, misalnya banjir dan kekeringan.

Konsep kerentanan dalam IPCC sendiri mengalami perubahan. Berdasarkan IPCC AR 4 (2007) kerentanan terdiri dari komponen sensitifitas, kapasitas adaptasi dan keterpaparan. Namun dalam IPCC AR 5 (2014) secara konseptual keterpaparan dikeluarkan dari kerentanan, namun ketiga komponen tetap dipakai dalam kerangka analisis risiko perubahan iklim. Oleh karena itu dalam workshop ini pada umumnya belum ditentukan kategori (keterpaparan, sensitifitas, dan kapasitas adaptif) dari indikator yang telah diidentifikasi.

Dari hasil diskusi, sebenarnya telah banyak instansi/unit organisasi yang mempunyai basis data yang dapat digunakan sebagai indikator kerentanan. Direktorat Penyiapan Kawasan Perhutanan Sosial misalnya mempunyai data-data yang dapat digunakan sebagai bagian dari indikator kerentanan yakni indikator khusus untuk desa-desa hutan, misal indikator keberadaan agroforestry sebagai indikator ketahanan pangan desa. Direktorat Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan juga telah membuat peta rawan kebakaran hutan yang disusun berdasarkan beberapa indikator yaitu: titik panas/hotspot, penutupan lahan, status kawasan, elevasi tempat, jenis tanah/gambut/mineral dan faktor aksesibilitas.

Dalam dua kali workshop telah diidentifikasi indikator-indikator kerentanan dari berbagai sektor/bidang, yaitu sebagai berikut:

1. Indikator kerentanan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Indikator kerentanan DAS harus didekati dengan data spasial mengingat DAS bersifat lintas administratif. Beberapa variabel yang dapat menjadi indikator kunci yang menentukan tingkat kerentanan DAS adalah sebagai berikut:

- Kelerengan
- Liputan lahan
- Tingkat erosi
- Koefisien rejim sungai (Q_{max}/Q_{min})
- Indeks Pemanfaatan Air (IPA)
- Investasi
- Pemanfaatan ruang

2. Indikator kerentanan energi

Indikator kerentanan pada sektor energi dalam diskusi ini dibatasi pada sub bidang pembangkit dan distribusi. Mengingat sektor energi juga sangat ditentukan oleh kebijakan nasional (misalnya kebijakan bauran energi, kemudahan dalam investasi eksplorasi energy terbarukan, dsb.), maka sebaiknya untuk indikator sektor energi mempertimbangkan faktor-faktor tersebut. Dalam diskusi ini telah diidentifikasi bahwa faktor teknologi dan kualitas sumber daya manusia berperan penting. Di samping itu, keberadaan sumber air sebagai pendingin juga vital. Hal ini akan terkait dengan tingkat kerentanan sektor lain misalnya sumber daya air. Beberapa indikator yang dapat menentukan tingkat kerentanan pada sektor energi adalah sebagai berikut:

- Ketersediaan dan efisiensi air pendingin
- Teknologi pembangkit
- Kualitas batubara sebagai bahan baku
- Transportasi
- Infrastruktur
- Sumber Daya Manusia operator
- Desain rancang bangun
- Ketersediaan dan jenis tanaman sumber bahan baku energy terbarukan
- Tingkat radiasi
- Suhu udara
- Kecepatan angin

3. Indikator kerentanan pengelolaan sumber daya air

Selain dipengaruhi oleh kuantitas dan kualitas sumber daya air, tingkat kerentanan pengelolaan sumber daya air tentu juga dipengaruhi oleh kebutuhan akan air tersebut. Jumlah kebutuhan akan air ditunjukkan oleh data penduduk (jumlah, distribusi, kepadatan) serta bangunan fisik yang menopang keberadaannya. Aspek pengeloan juga berpengaruh, seperti misalnya instalasi pengelolaan air, dam, dsb. Beberapa indikator yang telah teridentifikasi dalam diskusi ini adalah sebagai berikut:

- Jumlah KK yang tinggal di bantaran sungai
- Jumlah bangunan di bantaran sungai
- Sumber air minum
- Potensi air per kapita
- Indeks kualitas air
- Konsumsi air per kapita
- Data sebaran bendung
- Data mata air dan Data cekungan air tanah
- Instalasi pengolahan air bersih
- Sebaran pemanfaatan air tanah
- Sebaran pemanfaatan air tanah untuk irigasi
- Data pompa air
- Data frekuensi kejadian banjir
- Data pasang surut
- Data cekungan air tanah

4. Indikator kerentanan keanekaragaman hayati

Dalam workshop ini, diskusi mengenai tingkat kerentanan keanekaragaman hayati dibatasi pada tingkat kerentanan spesies. Dalam kerentanan spesies, dampak perubahan iklim (seperti kenaikan suhu, curah hujan) memaksa suatu spesies untuk beradaptasi terhadap lingkungannya. Bagaimana spesies beradaptasi dipengaruhi oleh karakteristik morfologi dan fisiologi, karakteristik mobilitasnya, dsb. Selain itu, tekanan manusia juga berpengaruh terhadap tingkat kerentanan spesies. Beberapa variabel yang telah diidentifikasi berpengaruh terhadap tingkat kerentanan spesies adalah sebagai berikut:

- Karakteristik jangkauan/cakupan mobilitas (termasuk sebaran)
- Populasi
- Sejarah hidup
- Sistem perkembangbiakan
- Karakteristik perilaku
- Karakteristik morfologi dan fisiologi
- Kemampuan menyebar
- Fenologi

- Interaksi multispesies
- Genetik
- Paparan eksploitasi manusia
- Kondisi ekosistem
- Manajemen/budidaya

5. Indikator kerentanan tanah, air, dan lahan gambut

Gambut mempunyai karakteristik yang khas sehingga perlu penanganan berbeda dengan tanah mineral. Tingkat kerentanan lahan gambut dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal seperti ketebalan/kedalaman/tingkat kekeringan dan kejenuhan tanah, serta kualitasnya. Sedangkan faktor eksternal antara lain adalah tutupan lahan dan kerentanan terhadap bahaya kebakaran (yang ditentukan oleh faktor seperti aktifitas pemanfaatan lahan, tekanan manusia, dsb.) beberapa indikator tingkat kerentanan tanah, air dan lahan gambut telah diidentifikasi dalam diskusi adalah sebagai berikut:

- Kekeringan dan kejenuhan tanah
- Ketebalan
- Kualitas
- Subsidence
- Kerentanan terhadap kebakaran
- Tutupan lahan

6. Indikator kerentanan kebakaran hutan dan lahan

Kebakaran hutan dan lahan telah menjadi bencana besar akhir tahun 2015. Dalam konteks perubahan iklim, kebakaran hutan dan lahan merupakan sumber emisi yang tidak sedikit, dan tentu berpengaruh terhadap upaya Indonesia mengurangi emisi GRK. Kejadian iklim ekstrim *El nino* berpengaruh besar sebagai pemicu kejadian kebakaran hutan dan lahan. Selain itu, pengelolaan aktifitas manusia berbasis lahan (perkebunan, pertanian) yang buruk menambah resiko terjadinya kebakaran. Lahan yang luas dan akses sulit mempersulit upaya-upaya pemadaman, di samping faktor sarana dan prasarana serta sumber daya manusia yang tersedia. Keberadaan lahan gambut sangat berpengaruh karena apabila

sudah terbakar, lahan gambut akan lebih sulit dipadamkan. Beberapa indikator yang telah teridentifikasi dalam diskusi adalah sebagai berikut:

- Kejadian Iklim Ekstrem (El nino)
- Kegiatan penduduk berbasis lahan
- Sarpras Pemadaman Kebakaran
- Ketersediaan air
- Tutupan lahan
- Jaringan jalan
- Keberadaan lahan gambut
- Jumlah penduduk
- Mata pencaharian
- Regulasi dan pengawasan
- Status lahan
- Rasio petugas pemadam dengan luas lahan
- Tinggi muka air di lahan gambut
- Keterlibatan masyarakat (misalnya melalui program Masyarakat Peduli Api)

7. Indikator kerentanan dari aspek sosial-ekonomi

Tingkat kerentanan dalam konteks adaptasi perubahan iklim dapat dinilai melalui variabel-variabel data sosial ekonomi. Tingkat kemiskinan berpengaruh terhadap sensitifitas dampak perubahan iklim. Artinya sedikit saja terjadi perubahan yang berdampak negatif, sangat besar pengaruhnya bagi masyarakat miskin. Ragam sumber penghasilan juga berpengaruh. Misalnya petani yang menggantungkan hidupnya dari semata-mata aktifitas pertanian tentu akan lebih sensitif terhadap bencana iklim banjir dan kekeringan dibandingkan dengan petani yang mempunyai mata pencaharian sambilan. Tingkat kesejahteraan dari sisi kesehatan dan pendidikan (yang ditunjukkan oleh data fasilitas pendidikan, fasilitas kesehatan, tingkat pendidikan) akan berpengaruh terhadap kemampuan adaptasi masyarakat. Dalam diskusi telah teridentifikasi variabel-variabel sosial ekonomi yang dapat menentukan tingkat kerentanan sebagai berikut:

- Populasi
 - Rasio penduduk rentan
 - Kepadatan penduduk
 - Rasio produktifitas
- Mata pencaharian (Jenis pekerjaan)
- Pendidikan
 - Tingkat pendidikan
 - Fasilitas pendidikan
- Akses komunikasi
- Kesehatan
 - Rasio dokter dengan jumlah penduduk
 - Ketersediaan fasilitas kesehatan
 - Fasilitas sanitasi dan kesehatan
- Sarana dan prasarana dasar
 - Air bersih
 - Listrik
 - Infrastruktur jalan
- Ekonomi
 - Tingkat pendapatan
 - Jumlah penduduk miskin

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB IV

A. KESIMPULAN

Setelah pembahasan hasil pengumpulan data dan penyelenggaraan workshop, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Studi kerentanan dalam rangka adaptasi perubahan iklim menjadi perangkat yang berguna dalam mengidentifikasi kebutuhan masyarakat akan adaptasi dalam merespon bahaya iklim.
2. Untuk menyatakan tingkat kerentanan secara kuantitatif, diperlukan pengembangan indikator untuk merepresentasikan variabel-variabel yang berpengaruh terhadap tingkat kerentanan. SIDIK merupakan perangkat untuk mengkuantifikasi kerentanan melalui indikator yang diambil dari data PODES.
3. Pemahaman mengenai konsep kerentanan (vulnerability) dalam studi mengenai adaptasi perubahan iklim masih sangat beragam di antara kalangan para peneliti. Akibat keragaman tersebut, metodologi dan indikator yang digunakan juga sangat beragam.
4. Pengembangan indikator dapat dilakukan melalui metode deduktif yaitu dengan mengidentifikasi sebanyak mungkin variabel yang berpengaruh terhadap kerentanan.
5. Di antara penelitian yang telah dilakukan di UPT Badan Litbang dan Inovasi Kementerian LHK, penelitian di BPK Kupang menggunakan pendekatan yang sama dengan yang digunakan dalam SIDIK.

6. Penyelenggaraan workshop pengembangan indikator kerentanan telah berhasil menginventarisasi beberapa indikator yang berpengaruh terhadap tingkat kerentanan pengelolaan DAS, kerentanan energi, kerentanan sumber daya air, kerentanan keanekaragaman hayati, kerentanan tanah, air dan gambut, kerentanan kebakaran hutan dan lahan, dan kerentanan dari indikator-indikator sosial ekonomi.
7. Untuk dapat terintegrasi dengan SIDIK, indikator-indikator tersebut perlu dikaji lebih lanjut terkait dengan ketersediaan data dan kontinuitas datanya

B. SARAN

1. Untuk dapat mendukung SIDIK, diperlukan kesamaan pemahaman akan konsep kerentanan dalam studi mengenai adaptasi perubahan iklim. Hal ini dapat dilakukan melalui berbagai kegiatan seperti sosialisasi, pelatihan, dan kegiatan peningkatan kapasitas lainnya.
2. Dari kegiatan pengumpulan data di 6 lokasi, telah banyak dilakukan penelitian maupun kajian mengenai adaptasi perubahan iklim. Sangat mungkin masih banyak studi-studi yang dilakukan oleh instansi lain yang selama ini tidak teridentifikasi. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem pengelolaan pengetahuan dan informasi adaptasi perubahan iklim yang di dalamnya mencakup pengelolaan kajian/studi kerentanan.
3. Pengembangan indikator kedepan perlu secara spesifik mempunyai target sektoral atau bidang pembangunan agar lebih terfokus. Hal ini terkait dengan kompatibilitasnya dengan sistem yang telah ada (SIDIK).
4. Indikator sosial-ekonomi yang telah diidentifikasi dalam kegiatan ini dapat dimanfaatkan sebagai langkah awal untuk memenuhi target pengembangan SIDIK di tahun 2016, yaitu penggunaan 100% data sosial ekonomi.