

**[ADAPTASI]**

**MODUL 1:**

**KERENTANAN, POTENSI DAMPAK DAN RESIKO IKLIM**

**Dalam Kegiatan:**

**CLIMATE ACTION PLAN MODULE DEVELOPMENT AND TRAINING**

**(UCLG-ASPAC: United Cities and Local Governments Asia Pacific)**

Dikembangkan oleh:

**CENTER FOR CLIMATE RISK AND OPPORTUNITY MANAGEMENT  
SOUTHEAST ASIA PASIFIC - IPB UNIVERSITY**

**2021**

## DAFTAR ISI

### DAFTAR ISI II

DAFTAR GAMBAR .....	III
DAFTAR TABEL.....	III
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG.....	1
1.2. TUJUAN .....	2
<b>BAB 2. DEFINISI KERENTANAN DAN RESIKO IKLIM.....</b>	<b>3</b>
2.1. KERENTANAN DAN POTENSI DAMPAK.....	3
2.1.1. Keterpaparan.....	3
2.1.2. Sensitivitas.....	4
2.1.3. Kemampuan Adaptif.....	4
2.2. PELUANG BENCANA IKLIM .....	5
2.3. RESIKO IKLIM.....	5
2.4. SUMBER DATA .....	5
2.5. INDIKATOR .....	6
<b>BAB 3. PENDEKATAN PENENTUAN TINGKAT KERENTANAN, POTENSI DAMPAK DAN RESIKO IKLIM .....</b>	<b>9</b>
3.1. PERHITUNGAN TINGKAT KERENTANAN DAN POTENSI DAMPAK .....	9
3.1.1. Perhitungan Indikator.....	9
3.1.2. Penentuan Pengkategorian Indikator .....	10
3.1.3. Normalisasi .....	11
3.1.4. Proses Pembobotan.....	12
3.1.5. Perhitungan Kerentanan dan Potensi Dampak.....	12
3.2. RESIKO IKLIM.....	13
<b>BAB 4. PENUTUP.....</b>	<b>15</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>16</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Proses integrasi adaptasi perubahan iklim ke dalam perencanaan pembangunan daerah .....	1
Gambar 2.	Proses penentuan tingkat kerentanan pada sistem SIDIK (AR4) dan Potensi Dampak (AR5: pendekatan yang akan digunakan dalam pelatihann) .....	3
Gambar 4.	Proses penentuan tingkat Risiko Iklim .....	5
Gambar 5.	Tahapan perhitungan tingkat kerentanan (V) dan Potensi Dampak (PI) .....	9
Gambar 6.	Contoh indicator yang digunakan dalam perhitungan kerentanan dan potensi dampak.....	11
Gambar 7.	Sistem kuadran yang digunakan dalam penentuan potensi dampak (PI) .....	13
Gambar 8.	Proses perhitungan tingkat kerentanan dengan sistem kuadran .....	13

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Contoh-contoh indicator yang dapat digunakan untuk mewakili Keterpaparan, Sensivitas dan Kemampuan Adaptif .....	6
Tabel 2.	Matriks risiko iklim desa .....	14

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG

Tidak sedikit pemerintah daerah yang belum memahami istilah perubahan iklim dan kaitannya dengan pembangunan. Hal ini tergambarkan dengan program sektor dari setiap OPD yang terfokus hanya dalam mengatasi persoalan pembangunan, seperti kemiskinan ataupun pendidikan tapi tidak langsung untuk mengatasi masalah penanganan perubahan iklim. Padahal, jika diperhatikan dari keseluruhan OPD, sudah banyak program-program yang terkait dengan perubahan iklim. Badan Perencanaan Nasional (Bappenas) dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mengembangkan alat yang disebut “Tagging” untuk mengenai program yang terkait dengan perubahan iklim sekaligus untuk mengatasi persoalan pembangunan, sehingga dapat membantu pemerintah untuk mengakses pendanaan dari Anggaran Pendapatan dan Belanja Nasional (APBN) untuk mendukung pembangunan di daerah.

Pembangunan yang mengedepankan *Adaptasi* perubahan iklim bertujuan untuk menciptakan sistem pembangunan yang tahan (*resilience*) terhadap guncangan variabilitas iklim saat ini (anomali iklim) dan antisipasi dampak perubahan iklim di masa depan. Kementerian KLHK sudah menyusun Peraturan Menteri LHK no. 33 tahun 2016 yang menjelaskan tentang proses integrasi adaptasi perubahan iklim dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD).



Gambar 1. Proses integrasi adaptasi perubahan iklim ke dalam perencanaan pembangunan daerah

Proses integrasi adaptasi perubahan iklim ke dalam rencana pembangunan daerah dapat dibagi menjadi 4 tahap utama, yaitu: (1) tahapan pertama adalah Kajian kerentanan dan risiko iklim, (2) Identifikasi lokasi dan aksi prioritas, (3) Analisis kesenjangan dan (4) tahapan Koordinasi, Integrasi, Sinergi dan Standarisasi. Tahapan pertama dari proses integrasi ini adalah melakukan kajian kerentanan dan risiko iklim, dimana pada kajian ini dilakukan perhitungan dari data-data daerah untuk menggambarkan wilayah yang rentan terhadap atau ketidakmampuan sistem dalam mengatasi dampak buruk perubahan iklim dan wilayah yang berisiko terdampak lebih besar jika kejadian bencana terjadi. Tahapan kedua adalah penentuan lokasi dan aksi prioritas yang diidentifikasi berdasarkan kajian kerentanan dan risiko iklim (tahapan pertama) dengan perencanaan daerah (seperti RPJMD, RENSTRA, RKPD, RTRW, dan lain-lain) melalui proses “Tagging”. GAP menjadi tahapan ketiga dari proses integrasi, tahapan ini diperlukan untuk melihat kesenjangan antara perencanaan dan keterlibatan antara (Satuan Kerja Pemerintah Daerah (SKPD) dalam proses pelaksanaan di lapangan. Selain keterlibatan SKPD, kompatibilitas antara perencanaan dengan kondisi lapangan juga diperlukan sehingga dampak dari perencanaan ini bisa dirasakan oleh semua pihak. Tahapan terakhir dari proses integrasi adalah bagaimana proses Koordinasi, Integritas, Sinergitas dan Standarisasi berjalan antara pemerintah pusat, pemerintah daerah dengan masyarakat lokal. Sehingga Langkah selanjutnya adalah proses implementasi dari Aksi Perubahan Iklim pada lokasi yang sudah ditentukan.

Modul ini membahas secara detail tahapan nomor 1, yaitu proses kajian kerentanan dan risiko iklim,

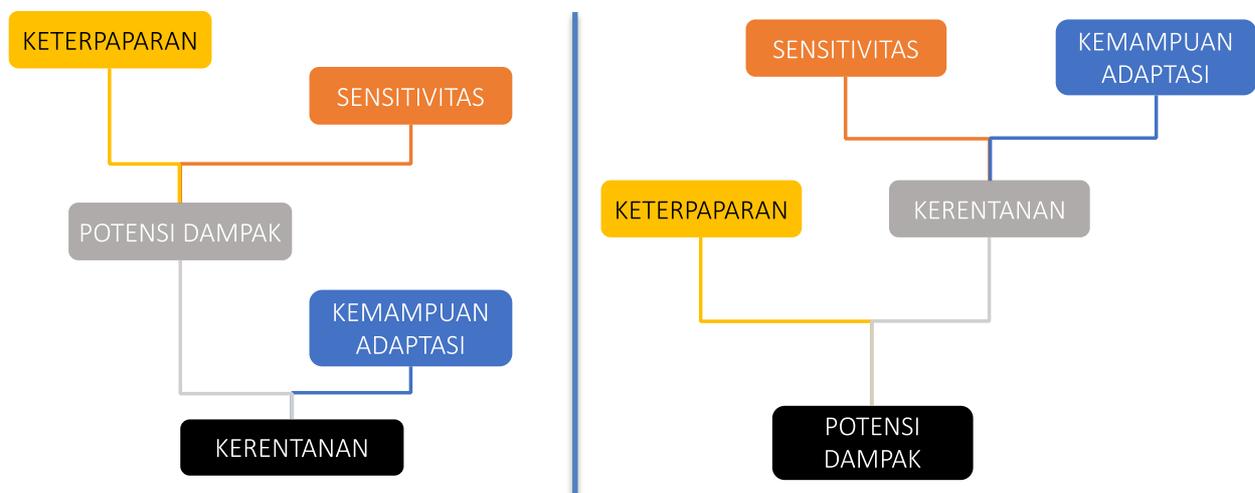
## **1.2. TUJUAN**

Modul ini disusun dengan tujuan untuk membangun kemampuan peserta dalam memahami proses penentuan tingkat kerentanan, potensi dampak dan risiko iklim sebagai dasar dalam penentuan identifikasi lokasi aksi adaptasi perubahan iklim.

## BAB 2. DEFINISI KERENTANAN DAN RESIKO IKLIM

### 2.1. KERENTANAN DAN POTENSI DAMPAK

Merujuk kepada IPCC AR5, kerentanan dapat diartikan sebagai kecendrungan suatu sistem dipengaruhi oleh kerusakan yang ditentukan oleh sensitivitas dan kapasitas sistem untuk mengatasi dan beradaptasi dengan kerusakan tersebut (IPCC, 2014). Penentuan tingkat kerentanan pada modul ini berbeda secara konsep dengan penentuan kerentanan pada sistem SIDIK, dimana SIDIK mengartikan kerentanan sebagai besarnya suatu sistem rentan terhadap atau ketidakmampuan sistem dalam mengatasi dampak buruk perubahan iklim termasuk variabilitas iklim dan ekstrim sebagai fungsi dari tingkat keterpaparan, sensitivitas dan kemampuan adaptif (IPCC, 2007) (Gambar 1).



Gambar 2. Proses penentuan tingkat kerentanan pada sistem SIDIK (AR4) dan Potensi Dampak (AR5: pendekatan yang akan digunakan dalam pelatihann)

Pada pendekatan yang mengacu kepada IPCC AR5, kerentanan dihitung sebagai fungsi dari *Sensitivitas* dan *Kemampuan Adaptif*. Sedangkan keberadaan *Keterpaparan* menjadi faktor sendiri dalam penentuan potensi dampak yang akan dihadapi oleh suatu sistem dengan cara mengkombinasikan keterpaparan dan kerentanan (Gambar 2). Wilayah dengan tingkat kerentanan tinggi dan tingkat keterpaparan tinggi akan memiliki potensi dampak yang sangat tinggi, sedangkan desa dengan tingkat kerentanan dan keterpaparan rendah akan memiliki potensi dampak yang sangat rendah.

#### 2.1.1. Keterpaparan

Keterpaparan diartikan sebagai keberadaan orang, mata pencaharian, spesies atau ekosistem, fungsi lingkungan, layanan, dan sumber daya, infrastruktur, atau aset sosial atau budaya ekonomi pada lokasi ataupun wilayah yang berpotensi terdampak negatif dari suatu kejadian (IPCC 2014, hal. 40).

Contoh:

- a. *Kepadatan penduduk*, yang menjelaskan keberadaan jumlah orang pada suatu wilayah yang berpotensi terkena bencana, dimana semakin padat populasi penduduk pada suatu wilayah maka semakin besar dampak negatif yang akan dihadapi dari suatu kejadian bencana.
- b. *Keberadaan infrastruktur*, menjelaskan banyaknya infrastruktur yang terdampak dari suatu kejadian bencana.

### 2.1.2. Sensitivitas

Tingkat sensitivitas merupakan tingkat dimana suatu sistem akan terpengaruh atau responsif terhadap rangsangan iklim, tetapi dapat diubah melalui perubahan sosial ekonomi.

Contoh:

- a. *Tingkat kemiskinan*, menggambarkan perbandingan jumlah penduduk atau jumlah keluarga pra sejahtera terhadap jumlah penduduk atau jumlah keluarga total di suatu wilayah, dimana semakin tinggi tingkat kemiskinan maka lebih tinggi juga tingkat sensitivitas wilayah tersebut
- b. *Sumber air minum*, menggambarkan akses masyarakat dalam mendapatkan sumber air minum, seperti PDAM, air sungai ataupun yang lainnya. Wilayah yang mendapatkan akses PDAM akan kurang sensitif dibandingkan dengan sumber air minum lainnya yang ketersediaannya sangat bergantung kepada musim seperti air sungai dan air sumur.

Sensitivitas adalah bagian dari sistem yang sangat dipengaruhi oleh kondisi manusia dan lingkungannya. Kondisi manusia dapat dilihat dari tingkatan sosial dan manusianya sendiri seperti populasi, lembaga, struktur ekonomi dan yang lainnya. Sedangkan kondisi lingkungan merupakan perpaduan dari kondisi biofisik dan alam seperti tanah, air, iklim, mineral dan struktur dan fungsi ekosistem.

### 2.1.3. Kemampuan Adaptif

Tingkat kemampuan adaptasi menunjukkan kemampuan dari suatu sistem untuk melakukan penyesuaian (adjust) terhadap perubahan iklim sehingga potensi dampak negatif dapat dikurangi dan dampak positif dapat dimaksimalkan atau dengan kata lain kemampuan untuk mengatasi konsekuensi dari perubahan iklim.

Contoh:

- a. Kelembagaan, menunjukkan keberadaan penyuluh ataupun organisasi masyarakat yang dapat berkontribusi dalam meningkatkan kemampuan masyarakat dalam menghadapi dampak yang akan dihadapi dari suatu bencana.
- b. Tingkat Pendidikan, menggambarkan kemampuan dari masyarakat dalam mengelola risiko, dimana semakin banyak masyarakat dengan tingkat Pendidikan yang tinggi maka semakin tinggi juga kemampuan adaptifnya.

Kondisi manusia dan lingkungan juga menentukan kemampuan adaptasi suatu sistem yang sangat dipengaruhi oleh variasi iklim yang membentuk sifat atau tingkatan dari efek perubahan iklim.

## 2.2. PELUANG BENCANA IKLIM

Indeks ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices; Karl *et al.* 1999; Peterson *et al.* 2001) dijadikan sebagai dasar dalam perhitungan peluang bencana iklim, yaitu CDD dan RX5DAY. CDD merupakan deret hari kering berturut-turut yang dapat menyebabkan kekeringan suatu wilayah. Semakin Panjang deret hari kering, maka potensi kekeringan wilayah akan semakin besar. RX5DAY didefinisikan sebagai curah hujan harian maksimum dan curah hujan 5-harian berturut-turut maksimum dalam satu tahun. Informasi indeks ini juga dapat menjadi informasi untuk mengetahui dampak perubahan iklim terhadap banjir. Kajian iklim ekstrem juga dilakukan untuk periode historis dan proyeksi dengan periode waktu yang sama.

## 2.3. RESIKO IKLIM

Tingkat risiko iklim diartikan sebagai hubungan besarnya peluang atau tren dari kejadian suatu bencana dengan dampak jika peluang atau tren bencana tersebut terjadi. Dalam proses perhitungannya, risiko iklim merupakan fungsi dari kerentanan dan keterpaparan (yang disebut juga sebagai potensi dampak) dengan peluang bencana iklim saat ini dan yang akan terjadi dimasa depan.



Gambar 3. Proses penentuan tingkat Risiko Iklim

## 2.4. SUMBER DATA

Pemanfaatan data PoDes (Potensi Desa) sebagai indikator mewakili indeks sensitivitas, keterpaparan dan kemampuan adaptif menjadi sumber data yang bisa dimanfaatkan oleh pemerintah daerah dalam proses perhitungan tingkat kerentanan. Keuntungan dari data PoDes adalah periode pengamatan dan disurvei yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) setiap 3 tahun dalam unit terkecil yaitu desa/ kelurahan. Sehingga memudahkan pemerintah daerah dalam pemantauan kinerja dari setiap Satuan Kerja Pemerintah Daerah (SKPD) yang sudah merancang strategi setiap tahunnya (RKT:

Rencana Kerja Tahunan) ataupun Rencana Strategi (RENSTRA) dalam jangka waktu 5 tahun kedepannya. Walaupun data ini disediakan dalam level unit desa/ kelurahan, informasi yang disediakan bersifat gambaran umum dari desa/kelurahan dan belum dapat secara detail menjelaskan kondisi desa/kelurahan.

Selain data PoDes, Kecamatan Dalam Angka yang juga merupakan luaran dari BPS setiap tahunnya dapat juga dijadikan sebagai sumber data lainnya yang dapat dimanfaatkan oleh pemerintah daerah. Data lainnya bisa juga menggunakan data yang dipantau oleh setiap SKPD dengan ketentuan data tersebut dalam unit desa/kelurahan.

Perhitungan yang dilakukan dalam ruang lingkup yang kecil akan menyajikan hasil yang lebih baik, sehingga karakteristik wilayah tersebut akan lebih terlihat. Seperti contoh untuk melihat kawasan berdasarkan tingkat kemiskinan tidak bisa terlihat dalam level kabupaten atau kecamatan, kondisi ini hanya bisa dilihat dalam level keluarga atau kelurahan

## 2.5. INDIKATOR

Data-data yang digunakan dalam perhitungan kerentanan dan potensi dampak, terlebih dahulu harus dikelompokkan berdasarkan kategori keterpaparan, sensitivitas dan kemampuan adaptif. Pengelompokan ini dilakukan dengan cara melihat pengaruh setiap indikator kepada masing-masing kelompok kategorinya berdasarkan pengertian dari masing-masing kategorinya.

Tabel 1. Contoh-contoh indikator yang dapat digunakan untuk mewakili Keterpaparan, Sensivitas dan Kemampuan Adaptif

I Indikator yang mewakili indeks sensitivitas untuk setiap desa		
1	Sumber air minum (O)	Menunjukkan akses rumah tangga terhadap air minum seperti sistem perpipaan (disediakan oleh perusahaan air minum PDAM), pompa listrik, sumur, mata air, curah hujan, dan lain-lain. Rumah tangga yang tersambung melalui sistem perpipaan akan kurang sensitif dibandingkan dengan yang tidak. Selama musim kemarau, mereka masih bisa mengakses air minum..
2	Tingkat Kemiskinan (N)	Menunjukkan rasio antara rumah tangga miskin dan total rumah tangga desa. Desa dengan indeks kemiskinan lebih tinggi lebih sensitif.
3	Sumber pendapatan utama (O)	Menunjukkan sensitivitas pendapatan rumah tangga terhadap bahaya iklim. Desa yang sumber pendapatan utamanya sangat bergantung pada iklim, seperti pertanian, lebih sensitif.
4	Sumber bahan bakar untuk memasak (O)	Menunjukkan jenis bahan yang digunakan untuk memasak oleh sebagian besar keluarga di desa.
5	Fasilitas toilet (O)	Menunjukkan kondisi fasilitas toilet (fasilitas toilet sendiri, fasilitas toilet bersama, fasilitas toilet umum, fasilitas tanpa

		toilet). Desa yang sebagian besar rumah tangganya memiliki fasilitas jamban sendiri akan memiliki sensitivitas yang lebih rendah.
6	Tempat buang sampah (O)	Menunjukkan banyaknya sistem pembuangan sampah di desa tersebut. Desa dengan unit pembuangan sampah yang lebih sedikit akan memiliki kepekaan yang lebih tinggi
<b>II Indikator yang mewakili indeks keterpaparan untuk setiap desa</b>		
1	Topografi (O)	Menunjukkan kondisi topografi desa (misalnya dataran tinggi / lereng, lembah, dan dataran tinggi. Desa yang terletak di dataran tinggi / lereng memiliki tingkat keterpaparan yang tinggi.
2	Kepadatan penduduk (N)	Menunjukkan jumlah orang yang berpotensi terkena bahaya. Desa dengan kepadatan penduduk yang lebih tinggi akan memiliki tingkat keterpaparan yang lebih tinggi.
<b>III Indikator yang mewakili indeks kemampuan adaptif untuk setiap desa</b>		
1	Fasilitas listrik (O)	Akses listrik rumah tangga menunjukkan tingkat kekayaan. Keluarga yang lebih kaya diasumsikan memiliki kemampuan adaptif yang lebih tinggi.
2	Fasilitas pendidikan (N)	Menunjukkan kemampuan dan kapasitas masyarakat untuk mengelola risiko. Semakin tinggi tingkat pendidikan suatu desa, semakin baik pula kapasitas adaptifnya.
3	Fasilitas kesehatan (N)	Menunjukkan akses masyarakat terhadap fasilitas kesehatan (seperti poliklinik, anak dan pelayanan kesehatan masyarakat, bidan dan klinik dokter). Semakin baik fasilitas kesehatan di suatu desa, semakin baik kapasitas adaptasi karena hal ini memastikan anggota masyarakat memiliki akses yang baik ke perawatan segera setiap kali terjadi bahaya.
4	Jaminan kesehatan (N)	Menunjukkan adanya sistem kesehatan (asuransi kesehatan)
5	Infrastruktur Jalan (O)	Menunjukkan jenis permukaan jalan utama, yang mempengaruhi kondisi sistem transportasi dan memastikan distribusi bantuan yang aman dan tepat waktu, evakuasi dll. Desa dengan jalan aspal memiliki kapasitas adaptasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan desa dengan jalan berkerikil atau tanah infrastruktur.
6	Fasilitas kredit (N)	Menunjukkan adanya fasilitas kredit mikro (kredit mikro dll.) Dari pemerintah yang mempengaruhi kemampuan masyarakat dalam melakukan kegiatan ekonomi. Desa yang memiliki fasilitas kredit mikro akan memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik.
7	Lembaga keuangan (N)	Menunjukkan adanya fasilitas keuangan seperti bank, entitas yang menghimpun dana dari masyarakat dalam bentuk simpanan dan mendistribusikannya kepada masyarakat untuk meningkatkan taraf hidup masyarakat. Desa yang memiliki sistem perbankan yang lebih banyak akan memiliki kapasitas adaptasi yang lebih baik

8	Industri kecil dan mikro (N)	Menunjukkan keberadaan industri kecil atau industri mikro di desa (misalnya, industri rumah tangga). Desa yang memiliki lebih banyak industri skala kecil akan memiliki kapasitas adaptasi yang lebih baik
9	Kegiatan menjaga lingkungan (O)	Menunjukkan adanya kegiatan pelestarian lingkungan. Kegiatan yang dimaksud dapat berupa penanaman / pemeliharaan pohon di lahan kritis, penanaman Mangrove, dll. Desa yang memiliki lebih banyak kegiatan konservasi akan memiliki kapasitas adaptasi yang lebih baik.
10	Kegiatan sosial (O)	Menunjukkan tingkat keaktifan masyarakat dalam gotong royong untuk mendukung anggota masyarakat lain di desa. Desa dengan aktivitas sosial yang tinggi akan memiliki kapasitas adaptasi yang tinggi
11	Kelembagaan (O)	Menunjukkan keberadaan dan aktivitas penyuluh dan organisasi berbasis masyarakat. Desa yang memiliki penyuluh aktif dan organisasi masyarakat akan memiliki kapasitas adaptasi yang lebih baik
12	Komunikasi (O)	Menunjukkan keberadaan dan kondisi sistem komunikasi di desa (misal, TV, radio dll). Desa yang memiliki fasilitas komunikasi yang baik akan memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi
13	Sarana dan prasarana ekonomi (N)	Menunjukkan adanya sarana ekonomi seperti pasar, pertokoan dll. Desa yang memiliki fasilitas pasar yang lebih banyak akan memiliki kapasitas adaptasi yang lebih tinggi.

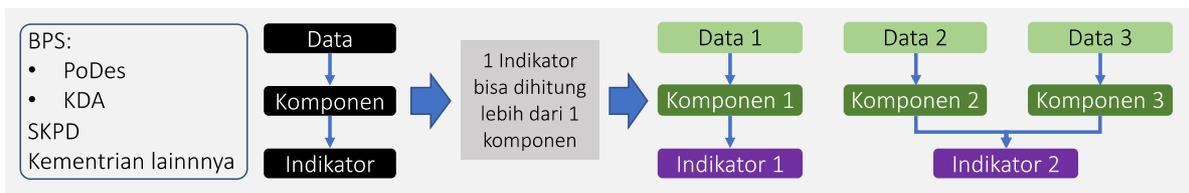
N: Numerik, O: Ordinal

## BAB 3. PENDEKATAN PENENTUAN TINGKAT KERENTANAN, POTENSI DAMPAK DAN RESIKO IKLIM

### 3.1. PERHITUNGAN TINGKAT KERENTANAN DAN POTENSI DAMPAK

Proses perhitungan tingkat kerentanan dimulai dengan menentukan indikator-indikator yang mewakili 3 aspek diatas sehingga nantinya semua indikator tersebut menghasilkan 3 indeks (indeks keterpaparan, indeks sensitivitas dan indeks kemampuan adaptasi) dan akhirnya akan menghasilkan tingkat kerentanan dan potensi dampak suatu wilayah sebagaimana tersaji pada gambar 5.

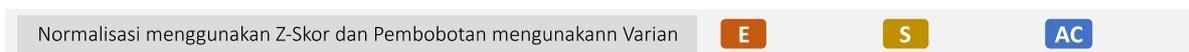
#### PENENTUAN INDIKATOR



#### PENENTUAN KATEGORI (S, E, AC)



#### NORMALISASI & PEMBOBOTAN



#### KERENTANAN & POTENSI DAMPAK



Gambar 4. Tahapan perhitungan tingkat kerentanan (V) dan Potensi Dampak (PI)

#### 3.1.1. Perhitungan Indikator

Proses pertama dalam perhitungan tingkat potensi dampak (PI) adalah menghitung indikator yang digunakan sesuai dengan kriterianya. Data yang akan digunakan dalam penentuan indikator menggunakan data-data yang diambil dari beberapa sumber (lihat penjelasan sub bab 2.4). Proses perhitungan indikator dapat diklasifikasi menjadi 2 jenis perhitungan berdasarkan jenis data yang digunakan, yaitu:

- Data berbentuk numerik (N), data ini dihitung dengan cara membagi nilai indikator dengan data yang sesuai, sehingga dihasilkan rasio dari data tersebut.

Penggunaan data pembagi dalam mendapatkan rasio, sangat tergantung dari kondisi data yang digunakan. Jenis-jenis data pembagi dapat dikategorikan sebagai berikut:

- Jumlah penduduk, biasanya digunakan untuk mendapatkan rasio fasilitas-fasilitas.

2. Luas area kelurahan, biasanya digunakan untuk mendapatkan rasio luasan-luasan penggunaan lahan dan untuk mendapatkan nilai kepadatan penduduk.
3. Jumlah keluarga, biasanya digunakan untuk mendapatkan rasio suatu nilai dengan satuan keluarga.

Contoh:

*Fasilitas pendidikan.* Nilai dihitung sebagai rasio antara jumlah fasilitas pendidikan (SD, SMP, SMU dan Universitas) dengan jumlah penduduk:

$$I_{Fpi} = 1/P_i * (0.07*TK_i + 0.13*SD_i) + 1/P_{ij} * (0.20*SMP + 0.27*SMU_j) + 1/P_{ik} * (0.33*U_k)$$

dimana  $P_i$ ,  $P_{ij}$  dan  $P_{ik}$  adalah jumlah populasi dari desa ke- $i$ , kecamatan ke- $j$  dari desa- $i$ , dan kabupaten ke- $k$  dari desa ke- $i$ .

*Kepadatan penduduk*, dihitung dengan membandingkan jumlah penduduk dengan luas wilayah:

$$I_{KS3i} = \frac{\text{Jumlah penduduk}_i}{\text{Luas area}_i} \dots\dots\dots (1)$$

dimana  $i$  mewakili data desa/kelurahan ke- $i$ .

*Keluarga pra sejahtera*, dimana yang digunakan sebagai indikator adalah rasio keluarga pra sejahtera. Untuk mendapatkan rasio keluarga pra sejahtera, maka digunakan jumlah keluarga total sebagai pembanding:

$$\text{ratio keluarga pra sejahtera} = \frac{\text{keluarga pra sejahtera}}{\text{keluarga total}} \dots\dots\dots (2)$$

- b. Data berbentuk ordinal (O), data ini digunakan dengan cara memberikan skoring secara langsung terhadap data tersebut, besarnya skoring sangat ditentukan oleh kategori dari indikator itu sendiri.

Contoh:

Jenis permukaan jalan

- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| 1. Aspal      | 3. Tanah        |
| 2. Diperkeras | 4. Yang lainnya |

Dari jenis data, jenis infrastruktur jalan termasuk dalam kategori kemampuan adaptasi, karena kondisi jalan yang baik dapat mempermudah mobilitas pada wilayah yang terkena bencana.

Sehingga skoring untuk indikator yang digunakan:

- i. Aspal [1], karena mobilitasnya lebih cepat
- ii. Diperkeras [0.75]
- iii. Tanah [0.5]
- iv. Lainnya [0.25], karena mobilitas dengan kondisi jalan pada kriteria ini tidak secepat kriteria aspal.

### 3.1.2. Penentuan Pengkategorian Indikator

Setiap indikator yang akan digunakan dalam perhitungan harus diklasifikasikan terlebih dahulu dalam 3 kategori (tingkat keterpaparan (E), tingkat sensitivitas (S) dan tingkat

kemampuan adaptasi (AC)). Pengkategorian indikator-indikator bertujuan untuk mempermudah proses perhitungan, karena S dan AC digunakan sebagai kategori untuk menghitung kerentanan yaitu semakin meningkatkan kerentanan. Sehingga indikator-indikator yang termasuk dalam kategori S dan AC akan semakin meningkatkan tingkat kerentanan apabila nilai dari indikator tersebut semakin tinggi. Sebaliknya untuk E, menjadi indeks tersendiri yang akan digunakan dalam menghitung potensi dampak.

Pengkategorian indikator-indikator yang digunakan berdasarkan pengertian dari 3 aspek tersebut, sehingga kita harus paham dulu terhadap pengertian dari masing-masing aspek tersebut.



Gambar 5. Contoh indikator yang digunakan dalam perhitungan kerentanan dan potensi dampak

### 3.1.3. Normalisasi

Keragaman selang data yang dihasilkan pada proses perhitungan indikator yang beragam menyebabkan indikator ini tidak bisa dihitung secara langsung untuk menjadi indeks. Selang 0-1 digunakan untuk setiap indikator yang akan dihitung menjadi indeks dengan proses “Normalisasi”. z-Skor dipilih untuk digunakan sebagai pendekatan dalam proses Normalisasi (Tapsell et al. 2002; Li & Chen 2010; Siagian et al. 2013; Zhou et al. 2014; Ge et al. 2013; Li 2014; Jhan et al. 2020). Nilai asli diubah terlebih dahulu menjadi nilai standar (disebut skor z) menggunakan persamaan berikut:

$$z=(x-\mu)/\sigma \dots\dots\dots (3)$$

dimana x adalah nilai asli dari setiap indikator,  $\mu$  adalah rata-rata data asli, dan  $\sigma$  adalah simpangan baku dari data asli.

Kemudian, nilai z digunakan untuk menghasilkan skor p, berdasarkan penyesuaian skor z ke posisi relatif antara 0 dan 1. Jika indikator berkorelasi negatif dengan kerentanan, skor akhirnya adalah  $(1 - p)$ , sedangkan jika indikatornya adalah berkorelasi positif dengan kerentanan, skor akhirnya adalah p. Penggunaan metode Z-Skor akan mengubah skala data menjadi 0-1 dan mengatasi pencilan ekstrem tetapi tetap mempertahankan distribusi data.

### 3.1.4. Proses Pembobotan

Proses pembobotan diperlukan untuk menggabungkan beberapa indikator menjadi indeks, hal ini disebabkan pengaruh dari setiap indikator terhadap indeks yang dihasilkan berbeda. Metode yang digunakan dalam penentuan besarnya bobot dari masing-masing indikator adalah metode varians, dimana pada metode ini sangat bergantung kepada varians dari indikator tersebut dan karakteristik statistik dari data yang digunakan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung bobot dengan metode varian yaitu:

$$w_i = \frac{\sqrt{\text{var}(x_i)}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{\text{var}(x_i)}} \dots\dots\dots (4)$$

dimana  $w_i$  adalah bobot dari indikator- $i$ ,  $\text{var}(x_i)$  adalah varian dari indikator- $i^{\text{th}}$ , dan  $n$  jumlah indikator.

Metode ini juga dapat dikombinasikan dengan masukan dari pada eksper, sehingga untuk indikator tertentu yang memiliki variabilitas sangat rendah tetapi dianggap penting oleh para ahli dalam membentuk kerentanan, akan memiliki bobot yang tinggi. Pemberian bobot yang tinggi pada indikator yang memiliki variabilitas sangat rendah tidak akan banyak berpengaruh dalam membedakan tingkat kerentanan subjek yang dinilai.

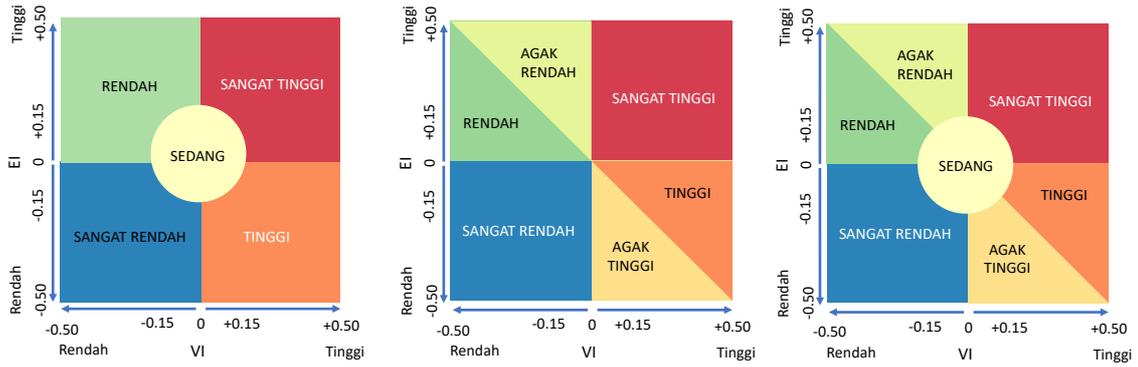
### 3.1.5. Perhitungan Kerentanan dan Potensi Dampak

Sebagaimana dijelaskan pada sub bab sebelumnya (gambar 4), Kerentanan (VI) dihitung dengan menjumlahkan indikator-indikator yang mewakili sensitivitas (S) dan kemampuan adaptif (AC) dalam bentuk indeks, yaitu:

$$VI = w_{SI} \times SI + w_{AC} \times CA \dots\dots\dots (5)$$

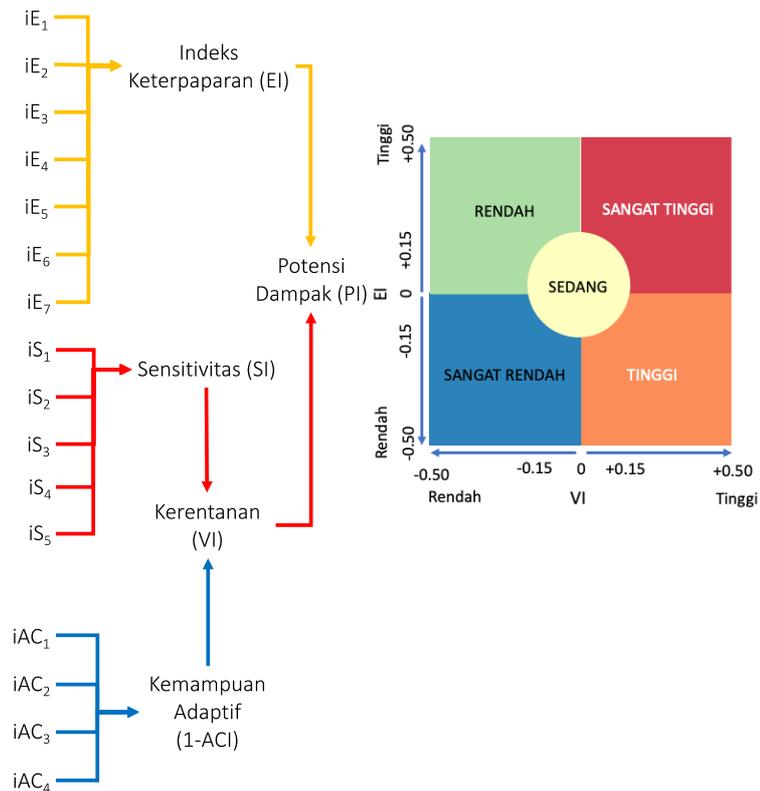
Sistem kuadran dijadikan metode untuk proses pengelompokan wilayah berdasarkan tingkat Potensi Dampaknya (PI). Kuadran dibentuk dengan menggunakan dua indeks yaitu indeks kerentanan (VI) dan indeks keterpaparan (E). Sebagaimana dijelaskan pada sub bab sebelumnya (gambar 4), kerentanan dihitung dengan menjumlahkan indikator-indikator yang mewakili sensitivitas (S) dan kemampuan adaptif (AC) dalam bentuk indeks.

Terdapat 3 pilihan sistem kuadran yang dapat digunakan untuk pengelompokan wilayah berdasarkan nilai PI nya, yaitu 5, 6, dan 7 kuadran (Boer et al., 2019). Opsi pemilihan kuadran yang akan digunakan bergantung kepada pemanfaatan hasil analisis, 7 kuadran cenderung digunakan untuk melihat secara spesifik lokasi yang perlu di intervensi dan lebih baik digunakan untuk proses perencanaan daerah. Sedangkan untuk kajian pada tingkat nasional dapat menggunakan 5 kuadran, karena kajian tingkat nasional lebih banyak digunakan untuk memutuskan perencanaan jangka Panjang dan analisis yang dilakukan bersifat global.



Gambar 6. Sistem kuadran yang digunakan dalam penentuan potensi dampak (PI)

Jadi, analisis penentuan tingkat potensi dampak (PI) dilakukan dengan dua tahap, yaitu menghitung tingkat kerentanan (V) dari hasil kombinasi dari indeks Sensitivitas (S) dan Kemampuan Adaptif (CA). Sedangkan hasil penentuan VI digunakan untuk menghitung tingkat PI dengan mengombinasikan dengan Keterpaparan (E) menggunakan sistem Kuadran (Boer et al., 2021).



Gambar 7. Proses perhitungan tingkat kerentanan dengan sistem kuadran

### 3.2. RESIKO IKLIM

Sebagaimana sudah dijelaskan pada sub bab 2.2, Risiko iklim dihitung dari kombinasi tingkat potensi dampak (PI) dengan besarnya peluang ancaman iklim (H) yang terjadi (historis dan masa depan). Proses kombinasi ini dilakukan dengan menggunakan sistem matriks, dimana untuk wilayah dengan PI yang sangat tinggi akan berdampak lebih

besar jika peluang terjadinya bencana di wilayah tersebut juga tinggi. Sedangkan suatu wilayah akan berisiko sangat rendah jika PI yang sangat rendah dan H yang rendah di wilayah tersebut. Analisis dilakukan untuk menilai peluang kejadian iklim ekstrem yang diperkirakan akan menimbulkan dampak negatif.

Tabel 2. Matriks risiko iklim desa

Potensi Dampak	Peluang Bencana Iklim (banjir/kekeringan)				
	>0.9	0.6-0.9	0.3-0.6	0.1-0.3	<0.1
Sangat Tinggi	SST	ST	T	Sd-T	R-Sd
Tinggi	ST	T	Sd-T	R	R-Sd
Sedang	T	Sd-T	R	R	R
Rendah	Sd-T	R-Sd	R-Sd	R	SR
Sangat Rendah	R-Sd	R-Sd	R	SR	SSR

Potensi Dampak	Peluang Bencana Iklim (banjir/kekeringan)				
	>0.9	0.6-0.9	0.3-0.6	0.1-0.3	<0.1
Sangat Tinggi	SST	ST	T	Sd-T	R-Sd
Tinggi	ST	T	Sd-T	R	R-Sd
Agak Tinggi	T	Sd-T	R	R	R-Sd
Agak Rendah	Sd-T	R-Sd	R-Sd	R	R
Rendah	Sd-T	R-Sd	R-Sd	R	SR
Sangat Rendah	R-Sd	R-Sd	R	SR	SSR

Potensi Dampak	Peluang Bencana Iklim (banjir/kekeringan)				
	>0.9	0.6-0.9	0.3-0.6	0.1-0.3	<0.1
Sangat Tinggi	SST	ST	T	Sd-T	R-Sd
Tinggi	ST	T	Sd-T	R	R-Sd
Agak Tinggi	T	Sd-T	R	R	R-Sd
Sedang	Sd-T	R-Sd	R-Sd	R	R-Sd
Agak Rendah	Sd-T	R-Sd	R-Sd	R-Sd	R
Rendah	Sd-T	R-Sd	R-Sd	R	SR
Sangat Rendah	R-Sd	R-Sd	R	SR	SSR

Sangat Sangat Rendah
Sangat Rendah
Rendah
Rendah - Sedang
Sedang
Sedang - Tinggi
Tinggi
Sangat Tinggi
Sangat Sangat Tinggi

## BAB 4. PENUTUP

Kajian kerentanan dan risiko iklim merupakan tahapan pertama dari proses integrasi adaptasi perubahan iklim dalam perencanaan pembangunan. Pada tahapan ini akan didapatkan sebaran wilayah berdasarkan tingkat potensi dampak dan risiko iklim saat ini dan dimasa mendatang. Tahapan ini diperlukan dalam penentuan lokasi prioritas, yang akan menjadi dasar dalam lokasi penentuan program ataupun kegiatan yang tepat. Hal ini diperlukan untuk mengurangi pelaksanaan program ataupun kegiatan yang dapat menyebabkan “*Mal Adaptation*” ataupun ketidaksiuaian hasil yang diharapkan dalam pelaksanaan kegiatan. Dengan adanya penetapan lokasi prioritas, maka pemerintah daerah dapat menentukan kegiatan yang seharusnya dilakukan pada daerah yang memang membutuhkan perhatian. Lokasi prioritas ditentukan dengan mempertimbangkan risiko saat ini dengan risiko yang akan dihadapi oleh daerah dimasa mendatang akibat perubahan iklim, daerah dengan risiko iklim saat ini sangat tinggi maka akan menjadi daerah prioritas tinggi jika tingkat risiko dimasa mendatang juga tinggi. Secara detail proses penentuan lokasi prioritas akan dijelaskan pada Modul 3.

## DAFTAR PUSTAKA

- Boer, R., Rakhman, A., Ramadhan, D P., Bachtiar, Y. 2020. Kajian dan Evaluasi Sistem Informasi Data Indeks Kerentanan (SIDIK). Project on Capacity Development for the Implementation of Climate Change Strategy Phase 2. JICA
- Boer, R., dan Rakhman, A. 2021. Perbaikan Perhitungan Kerentanan Pada Sistem SIDIK. Project on Capacity Development for the Implementation of Climate Change Strategy Phase 2. JICA
- Ge, Y.; Dou, W.; Gu, Z.; Qian, X.; Wang, J.; Xu, W.; Shi, P.; Ming, X.; Zhou, X.; Chen, Y. 2013. Assessment of social vulnerability to natural hazards in the Yangtze River Delta, China. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.* 27: 1899–1908.
- IPCC. 2007. “IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007,” *Climate Change 2007: Synthesis Report, 2007.*
- IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 151.* Geneva, Switzerland: IPCC
- Jhan, Hao-Tang, Ballinger, R., Jaleel, A and Ting, Kuo-Huan. 2020. Development and application of a Socioeconomic Vulnerability Indicator Framework (SVIF) for Local Climate Change Adaptation in Taiwan. *Sustainability* 12 1585; doi:10.3390/su12041585.
- Li, C.M.; Chen, C.C. The construction and assessment of vulnerability indicators in Taiwan. *J. City. Plan.* 2010, 37, 71–96.
- Li, Y.J. 2014. Social vulnerability indicator as a sustainable planning tool. *Environmental Impact Assessment Review* 44: 31–42.
- Siagian, T.H.; Purhadi, P.; Suhartono, S.; Ritonga, H. 2013. Social vulnerability to natural hazards in Indonesia: driving factors and policy implications. *Natural Hazards* 70: 1603–1617.
- Tapsell, S.M.; Penning-Rowsell, E.C.; Tunstall, S.M.; Wilson, T.L. 2002. Vulnerability to flooding: health and social dimensions. *Philosophical Transactions of The Royal Society A Mathematical Physical and Engineering Sciences* 360: 1511–1525.