

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan berkelanjutan/*sustainable development* adalah pembangunan yang memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri (Barbier dan Burgess, 2017). Pembangunan berkelanjutan sering dikaitkan dengan adanya persimpangan tujuan pada tiga sistem yang saling terkait, yaitu lingkungan, ekonomi, dan sosial. Namun, pembangunan berkelanjutan ini hanya dapat dicapai dengan menyeimbangkan *trade-offs* di antara berbagai tujuan dari ketiga sistem tersebut. Pada 25 September 2015 bertempat di Markas Besar Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), para pemimpin dunia secara resmi mengesahkan Agenda Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*) sebagai kesepakatan pembangunan global dengan mengusung tema "Mengubah Dunia Kita: Agenda 2030 untuk Pembangunan Berkelanjutan".

*Sustainable Development Goals* (SDGs) merupakan suatu rencana aksi global yang bertujuan untuk mengakhiri kemiskinan, mengurangi kesenjangan dan melindungi lingkungan. Tujuan SDGs adalah pembangunan yang menjaga peningkatan kesejahteraan ekonomi masyarakat secara berkesinambungan, pembangunan yang menjaga keberlanjutan kehidupan sosial masyarakat, pembangunan yang menjaga kualitas lingkungan hidup serta pembangunan yang menjamin keadilan dan terlaksananya tata kelola yang mampu menjaga peningkatan kualitas hidup dari satu generasi ke generasi berikutnya. SDGs merupakan tujuan bersama yang pencapaiannya tidak bisa hanya dilakukan oleh pemerintah saja, tetapi melibatkan berbagai macam pemangku kepentingan dari mulai pemerintah, akademisi, LSM, swasta, dan seluruh lapisan masyarakat. SDGs berisi 17 Tujuan dan 169 Target yang diharapkan dapat dicapai pada tahun 2030, di mana 17 tujuan tersebut mencakup (1) Tanpa Kemiskinan; (2) Tanpa Kelaparan; (3) Kehidupan Sehat dan Sejahtera; (4) Pendidikan Berkualitas; (5) Kesetaraan Gender; (6) Air Bersih dan Sanitasi Layak; (7) Energi Bersih dan Terjangkau; (8) Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi; (9) Industri, Inovasi dan Infrastruktur; (10) Berkurangnya Kesenjangan; (11) Kota dan Permukiman yang

Berkelanjutan; (12) Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab; (13) Penanganan Perubahan Iklim; (14) Ekosistem Lautan; (15) Ekosistem Daratan; (16) Perdamaian, Keadilan dan Kelembagaan yang Tangguh; (17) Kemitraan untuk Mencapai Tujuan.

Salah satu tujuan SDGs ke-13 adalah penanganan perubahan iklim. Secara umum, indikasi perubahan iklim ditunjukkan dengan kenaikan curah hujan pada bulan basah dan penurunan pada bulan kering. Selain itu, kenaikan suhu akan terus terjadi baik secara global yang dipengaruhi oleh meningkatnya konsentrasi GRK di atmosfer dan secara mikro yang dipengaruhi oleh laju degradasi tutupan lahan yang terus meningkat. Suhu secara global ini juga memicu terjadinya peningkatan cuaca ekstrem akibat terpengaruhnya cuaca global yang dipicu suhu udara dan permukaan laut. Berdasarkan kondisi geografis, salah satu ancaman pada wilayah pesisir utara Jawa adalah berupa kenaikan muka air laut dan potensi meningkatnya genangan dan rob (Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, 2020).

Berdasarkan Pilar Pembangunan Lingkungan dalam Bappenas (2020), dalam melaksanakan tujuan ke-13, yaitu penanganan perubahan iklim, maka pemerintah Indonesia mengambil tindakan cepat untuk mengatasi perubahan iklim dan dampaknya. Beberapa target dalam mengatasi perubahan iklim adalah sebagai berikut:

1. Memperkuat kapasitas ketahanan dan adaptasi terhadap bahaya terkait iklim dan bencana alam di semua negara.
2. Mengintegrasikan tindakan antisipasi perubahan iklim ke dalam kebijakan, strategi dan perencanaan nasional.
3. Meningkatkan pendidikan, penumbuhan kesadaran, serta kapasitas manusia dan kelembagaan terkait mitigasi, adaptasi, pengurangan dampak dan peringatan dini perubahan iklim.
4. Melaksanakan komitmen negara maju pada *the United Nations Framework Convention on Climate Change* untuk tujuan mobilisasi dana bersama sebesar 100 miliar dolar Amerika per tahun pada tahun 2020 dari semua sumber untuk mengatasi kebutuhan negara berkembang dalam konteks aksi mitigasi yang bermanfaat dan transparansi dalam pelaksanaannya dan

mengoperasionalisasi secara penuh *the Green Climate Fund* melalui kapitalisasi dana tersebut sesegera mungkin.

5. Menggalakkan mekanisme untuk meningkatkan kapasitas perencanaan dan pengelolaan yang efektif terkait perubahan iklim di negara kurang berkembang, negara berkembang pulau kecil, termasuk fokus pada perempuan, pemuda, serta masyarakat lokal dan marjinal.

Target pemerintah pusat tersebut kemudian diturunkan menjadi Rencana Aksi Daerah (RAD), salah satunya adalah RAD Provinsi Jawa Tengah. Berdasarkan RAD Provinsi Jawa Tengah (2020), dalam rangka pencapaian tujuan ke-13 SDGs, yaitu penanganan perubahan iklim dan penanggulangan kebencanaan, Jawa Tengah menetapkan 2 target yang diukur melalui 3 indikator. Target-target tersebut terdiri dari: (1) Memperkuat kapasitas ketahanan dan adaptasi terhadap bahaya terkait iklim dan bencana alam; (2) Mengintegrasikan tindakan antisipasi perubahan iklim ke dalam kebijakan, strategi dan perencanaan.

Arah kebijakan dalam mewujudkan target tersebut, yaitu: (1) Pengembangan masyarakat tangguh bencana; (2) Pengembangan antisipasi dan deteksi perubahan iklim dan bencana. Sedangkan strategi yang akan dilakukan meliputi:

1. Upaya penanggulangan bencana berbasis resiko;
2. Pengembangan desa tangguh bencana;
3. Identifikasi dan inventarisasi daerah rawan dan terdampak bencana;
4. Pengurangan bencana lintas sektor dan
5. Pemanfaatan sumber Energi Baru Terbarukan.

Program/kegiatan yang akan dilaksanakan oleh pemerintah Provinsi Jawa Tengah dalam mencapai tujuan ke-13 SDGs mencakup: (1) Penyelenggaraan penanggulangan bencana; dan (2) Pengembangan energi baru terbarukan dan konservasi energi. Secara konkrit, strategi dan program, khususnya penanganan banjir, dilaksanakan melalui peningkatan kapasitas pemangku kepentingan dalam penanggulangan bencana, antara lain pembentukan desa tangguh bencana, pemasangan alat peringatan dini bencana/early warning system (EWS), pemasangan rambu jalur evakuasi, penyusunan rencana kontijensi bencana, gladi bencana, identifikasi dan sosialisasi daerah rawan bencana, pelatihan kluster

bencana dan sistem komando penanganan darurat bencana, pelatihan kajian kebutuhan rehabilitasi dan rekonstruksi pasca bencana, pemenuhan kebutuhan logistik masyarakat terdampak bencana, serta penyiapan peralatan penanggulangan bencana di Jawa Tengah.

## **2.2 Risiko Bencana**

*The World Meteorological Organization* mendefinisikan risiko sebagai kerugian yang dapat diperkirakan (baik kehidupan, orang-orang yang terluka, kerusakan properti maupun terganggunya kegiatan ekonomi) dikarenakan bahaya yang terjadi di suatu area pada periode tertentu (Zhang et al., 2020). IPCC (2020) mendefinisikan risiko sebagai potensi konsekuensi yang merugikan bagi manusia atau sistem ekologi, dengan mengakui keragaman nilai dan tujuan yang terkait dengan sistem tersebut. UNISDR percaya bahwa risiko bencana mengacu pada kemungkinan peristiwa fisik yang berinteraksi dalam ruang dan waktu dengan elemen rentan dari sistem sosial (Newton dan Weichselgartner, 2013). Terkadang faktor risiko lebih kompleks dan bervariasi karena kondisi sosial ekonomi yang berbeda antar wilayah dan lingkungan ekologis yang unik di wilayah tersebut (Petit-boix et al., 2016). Dalam konteks perubahan iklim, risiko dapat muncul dari potensi dampak perubahan iklim maupun respons manusia terhadap perubahan iklim tersebut. Salah satu bencana dari perubahan iklim adalah banjir. Banjir telah mengakibatkan bangunan terendam dan menghambat aktivitas sehari-hari. Tidak hanya itu, banjir juga memiliki efek merugikan pada beberapa hal, yaitu mata pencaharian, kesehatan, dan kesejahteraan, aset, kehidupan sosial dan budaya, infrastruktur, jasa (termasuk jasa ekosistem), ekosistem, dan spesies.

Pendekatan yang paling umum untuk mendefinisikan risiko banjir adalah bahwa itu adalah produk dari bahaya, yaitu aspek fisik dan statistik dari banjir yang sebenarnya (misalnya periode ulang banjir, luas dan kedalaman genangan, dan kecepatan aliran), dan kerentanan, yaitu keterpaparan orang dan aset terhadap banjir dan kerentanan elemen-elemen yang berisiko mengalami kerusakan akibat banjir. Risiko terkait iklim dalam ekosistem sosial mencakup bahaya (kejadian dan tren berbahaya), kerentanan sistemik, dan keterpaparan sistem manusia dan alam (termasuk kemampuan beradaptasinya) (IPCC, 2014). Perubahan kerentanan yang

terus menerus dan fenomena bahaya yang bervariasi membuat risiko bencana dianggap bersifat dinamis. Konsekuensi dari bahaya/kejadian tak terduga akan tergantung pada kerentanan sistem tersebut. Konsekuensi yang akan terjadi dapat menjadi bencana, jika sistem yang dipengaruhi oleh peristiwa tersebut sangat rentan. Mengikuti argumen ini, risiko bencana dapat ditulis sebagai (IPCC, 2012):

$$\mathbf{Risiko (R) = Bahaya (H) \times Kerentanan (V)}$$

$$\mathbf{Kerentanan (V) = \frac{Sensitivitas (S) \times Keterpaparan (E)}{Kapasitas Adaptif (AC)}}$$

Oleh karena itu, Rana dan Routray (2016) menulis risiko bencana menjadi:

$$\mathbf{Risiko (R) = \frac{Bahaya (H) \times Sensitivitas (S) \times Keterpaparan (E)}{Kapasitas Adaptif (AC)}}$$

Penilaian risiko dianggap sebagai bagian integral dari pengurangan risiko bencana dan ilmu keberlanjutan (Zhou et al., 2015). Penilaian risiko bersama dengan persepsi risiko merupakan komponen penting untuk perumusan rencana manajemen risiko bencana (Mills et al., 2016). Tujuan penilaian risiko banjir adalah untuk menetapkan di mana risikonya sangat tinggi dan di mana tindakan mitigasi diperlukan. Mitigasi risiko berarti mengusulkan, mengevaluasi, dan memilih tindakan untuk mengurangi risiko di area tersebut. Oleh karena itu, analisis dan penilaian risiko banjir yang komprehensif merupakan bagian penting dari konsep manajemen risiko secara keseluruhan (Vojtek dan Vojteková, 2016).

Dalam pembahasan kerugian dan dampak bencana banjir, metode penilaian risiko telah mendapat perhatian yang meningkat. Evaluasi risiko banjir dan mengembangkan peta risiko sangat dibutuhkan untuk berbagai aplikasi seperti perencanaan penggunaan lahan dan tata letak infrastruktur. Terdapat empat pendekatan utama yang digunakan dalam menilai risiko banjir, yaitu metode statistik historis bencana (Halgamuge dan Nirmalathas, 2017), metode sistem indeks (Christie et al., 2018), analisis simulasi skenario (Alfieri et al., 2015), dan pendekatan berbasis sistem informasi geografis (GIS) (Gigović et al., 2017). Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing (Tabel 2). Dalam menilai risiko banjir untuk area dengan skala besar yang melibatkan banyak indikator dan data yang luas, penggunaan satu metode tidak cukup. Untuk

pemantauan dan evaluasi yang efektif, metode sistem indeks harus dikombinasikan dengan metodologi berbasis GIS. Metode sistem indeks dapat mempertimbangkan semua aspek risiko banjir, sedangkan pendekatan berbasis GIS dapat menganalisis data spasial skala besar. Model multi-indeks spasial berbasis GIS untuk penilaian risiko banjir diakui sebagai metode yang efektif untuk mengidentifikasi risiko banjir (Abdelkarim dan Gaber, 2019).

**Tabel 2.** Kelebihan dan Kekurangan Metode dalam menilai Risiko

Metode	Kelebihan	Kekurangan
Metode statistik historis bencana	Memberikan informasi penting untuk penilaian risiko; time series yang lama; banyak database bencana telah dikategorikan dan disusun secara rinci.	Membutuhkan data dalam jumlah besar; dibatasi oleh ketersediaan data historis; perbedaan cara data historis dicatat dalam periode yang berbeda; pengumpulan statistik umumnya didasarkan pada kota dan variabilitas spasial rinci risiko banjir tidak tercermin secara akurat.
Metode analisis simulasi scenario	Menyediakan simulasi hasil risiko banjir dalam skenario yang berbeda; menentukan faktor paling kritis yang menyebabkan perubahan risiko banjir dengan mengubah kondisi input	Dipengaruhi oleh alat dan data analitik, dan akurasi simulasi agak berbeda dari permintaan sebenarnya
Metode sistem indeks	Berbagai indikator risiko banjir dapat dipertimbangkan secara komprehensif; kontribusi setiap indikator risiko banjir dapat dianalisis secara akurat.	Pemilihan indikator penilaian untuk banjir bervariasi sesuai dengan karakteristik wilayah; kurangnya sistem indikator universal.
Metode berbasis sistem informasi geografis	Dapat menangani data spasial dalam jumlah besar; hasil yang divisualisasikan; dapat menganalisis area skala besar; investigasi cepat dapat dilakukan.	Tidak dapat digunakan sendiri; harus digunakan dengan metode evaluasi lainnya.

Sumber: Zhang *et al.* (2020)

### 2.3 Bahaya Banjir (*Hazard*)

Fenomena alam berubah menjadi bencana hanya ketika ia memengaruhi populasi yang “rentan” dan di mana tidak ada sistem mitigasi yang tepat (Rana dan Routray, 2016). Dengan demikian, bencana terjadi karena adanya potensi bahaya, unsur-unsur yang terpapar, kepekaan unsur-unsur yang terpapar dan kurangnya kemampuan unsur-unsur tersebut untuk menanggulangi bahaya yang terjadi. Bahaya atau *Hazard* (H) didefinisikan sebagai suatu fenomena berbahaya, substansi, atau aktivitas manusia dapat menyebabkan kehilangan nyawa, cedera atau dampak kesehatan lainnya, kerusakan properti, kehilangan mata pencaharian dan layanan, gangguan sosial dan ekonomi, atau kerusakan lingkungan (UNDRR, 2020). Bahaya dapat berasal dari alam, antropogenik, atau sosio-alami. Bahaya alam sebagian besar terkait dengan proses dan fenomena alam. Bahaya antropogenik, atau bahaya yang disebabkan oleh manusia, disebabkan seluruhnya atau sebagian besar oleh aktivitas dan pilihan manusia. Selain itu, beberapa bahaya bersifat sosio-alami, karena terkait dengan kombinasi faktor alam dan antropogenik, termasuk di dalamnya degradasi lingkungan dan perubahan iklim.

Banjir adalah bencana alam dengan frekuensi tertinggi dan distribusi geografis terluas di seluruh dunia (UNISDR, 2017). Banjir paling sering terjadi dari curah hujan yang tinggi saat aliran air alami tidak memiliki kapasitas untuk mengalirkan kelebihan air. Hal ini juga dapat diakibatkan oleh fenomena lain, khususnya di daerah pesisir, oleh gelombang badai yang terkait dengan tsunami, atau air pasang. Keruntuhan bendungan yang dipicu oleh gempa bumi, misalnya, akan menyebabkan banjir di daerah hilir, bahkan dalam kondisi cuaca kering. Berbagai proses iklim dan non-iklim dapat mengakibatkan berbagai jenis banjir: banjir sungai, banjir bandang, banjir perkotaan, banjir luapan danau glasial, dan banjir pesisir.

Saat ini, sebuah pendekatan sedang difokuskan untuk mengidentifikasi interaksi bahaya dan kebutuhan masyarakat lokal untuk mengatasi bencana secara efektif. Hal ini biasanya ditentukan oleh frekuensi dan tingkat keparahan bahaya dalam suatu komunitas. Dalam pengaturan teknis, bahaya dapat dijelaskan secara kuantitatif oleh frekuensi kemungkinan terjadinya bahaya maupun intensitas

bahaya di area yang berbeda-beda, seperti ditentukan dari data historis atau analisis ilmiah. Dalam kasus bencana banjir, beberapa indikator bahaya yang digunakan, yaitu frekuensi banjir, ketinggian banjir, durasi banjir, kemungkinan timbul genangan, maupun kerusakan akibat banjir sebelumnya (Rana & Routray, 2016).

#### **2.4 Kerentanan dan Komponen Penyusunnya**

Penilaian kerentanan/ *vulnerability* (V) adalah salah satu upaya penting dalam mengembangkan perencanaan dan penyusunan strategi ketahanan terhadap perubahan iklim. Penilaian kerentanan ini dapat membantu memastikan bahwa strategi ketahanan dan intervensi akan menargetkan populasi penduduk sebagai yang paling rentan, dan mengatasi faktor risiko terbesar pada suatu sektor dan sistem. Hasil dari penilaian kerentanan dapat menginformasikan seberapa besar daerah tersebut dapat beradaptasi, komponen apa yang paling berpengaruh, apa dampak potensial dari perubahan iklim, siapa dan apa kelompok/sektor/sistem yang paling rentan, faktor apa yang membuat kelompok/sektor/sistem menjadi rentan dan bagaimana mereka mungkin terpengaruh, dan apa strategi adaptasi dan intervensi untuk dapat meningkatkan ketahanan mereka. Ketahanan suatu sistem terhadap dampak perubahan iklim akan tergantung pada tingkat kerentanannya. Semakin rentan sistem, semakin tidak tangguh sistem tersebut terhadap dampak perubahan iklim.

Pada berbagai literatur, definisi mengenai kerentanan sangat bervariasi. IPCC (2017) mendefinisikan kerentanan sebagai kecenderungan untuk terpengaruh secara merugikan di mana mencakup berbagai konsep dan elemen termasuk kepekaan terhadap bahaya dan kurangnya kapasitas untuk mengatasi dan beradaptasi. Menurut Dandapat dan Krishna (2017), kerentanan menggambarkan sejauh mana suatu area, orang, struktur fisik atau aset ekonomi terdampak kerugian, cedera atau kerusakan yang disebabkan oleh dampak bahaya. Badan Nasional Penanggulangan bencana mendefinisikan kerentanan sebagai suatu kondisi kerawanan masyarakat dalam menghadapi suatu ancaman yang dilihat dari faktor sosial, ekonomi, fisik, dan lingkungan. Sedangkan berdasarkan Perka BNPB Nomor 02 Tahun 2012 menjelaskan bahwasannya kerentanan merupakan suatu kondisi ketidakmampuan masyarakat dalam menghadapi suatu ancaman bencana.

Kerentanan terbagi menjadi 4 macam (Cho dan Chang, 2017; Pontoh, Sangkertadi dan Tilaar, 2021), yaitu:

1. Kerentanan Fisik

Kerentanan fisik sebagai tingkat keterpaparan dan kerapuhan elemen yang terpapar risiko banjir. Secara fisik bentuk kerentanan yang dimiliki masyarakat berupa daya tahan menghadapi bahaya tertentu, misalnya: kekuatan bangunan rumah bagi masyarakat yang berada di daerah rawan banjir, adanya tanggul pengaman banjir bagi masyarakat yang tinggal di bantaran sungai, sistem drainase, rute evakuasi, dan struktur pertahanan banjir yang tepat.

2. Kerentanan Ekonomi

Kemampuan ekonomi suatu individu atau masyarakat sangat menentukan tingkat kerentanan terhadap ancaman bahaya. Pada umumnya masyarakat atau daerah yang miskin atau kurang mampu lebih rentan terhadap bahaya, karena tidak mempunyai kemampuan finansial yang memadai untuk melakukan upaya mitigasi bencana. Bencana banjir yang terjadi berdampak pada ekonomi masyarakat, yaitu terganggunya aktivitas atau pekerjaan masyarakat.

3. Kerentanan Sosial

Kondisi sosial masyarakat, seperti karakteristik demografis, kondisi kehidupan, status kesehatan dan kemampuan individu dan masyarakat, juga mempengaruhi tingkat kerentanan terhadap ancaman bahaya. Dari segi pendidikan, kekurangan pengetahuan tentang risiko bahaya dan bencana akan mempertinggi tingkat kerentanan, demikian pula tingkat kesehatan masyarakat yang rendah juga mengakibatkan rentan menghadapi bahaya.

4. Kerentanan Lingkungan

Lingkungan hidup suatu masyarakat sangat mempengaruhi kerentanan. Masyarakat yang tinggal di daerah yang kering dan sulit air akan selalu terancam bahaya kekeringan. Penduduk yang tinggal di lereng bukit atau pegunungan rentan terhadap ancaman bencana tanah longsor, masyarakat yang tinggal di daerah pesisir pun akan rentan terhadap ancaman banjir rob, dan sebagainya.

Kerentanan terbentuk dari tiga komponen, yaitu sensitivitas (*sensitivity*), keterpaparan (*exposure*), dan kapasitas adaptif (*adaptive capacity*) (Wade et al., 2016). Indikator eksposur dan sensitivitas masing-masing terkait dengan jumlah yang dapat dihitung atau kepadatan aset yang terpapar dan faktor sosial ekonomi kuantitatif. Namun, kapasitas adaptif fokus pada penyesuaian, adaptasi, dan kapasitas kelembagaan yang membutuhkan metode penelitian kualitatif investigasi (Marília, Andrade dan Fabian, 2018). Penjelasan masing-masing komponen kerentanan adalah sebagai berikut:

a. Sensitivitas

Sensitivitas adalah sejauh mana suatu sistem kemungkinan akan terpengaruh oleh gangguan seperti peristiwa iklim ekstrem (Yang et al., 2018). Sensitivitas mencerminkan daya tanggap suatu sistem terhadap pengaruh iklim, dan tingkat perubahan iklim yang dapat memengaruhinya dalam bentuknya saat ini. Dengan demikian, sistem sensitif menjadi sangat responsif terhadap iklim dan dapat secara signifikan dipengaruhi oleh perubahan iklim kecil. Beberapa variabel objek yang dievaluasi untuk indikator sensitivitas adalah kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, rasio angkatan kerja terhadap penduduk pedesaan, dan rasio penduduk pedesaan terhadap penduduk kota. Selain itu untuk melihat sensitivitas ekonomi dalam mengungkapkan kemungkinan kerugian ekonomi, maka PDB per satuan luas dan investasi per kapita pedesaan dalam aset bisa menjadi variabel yang dievaluasi juga.

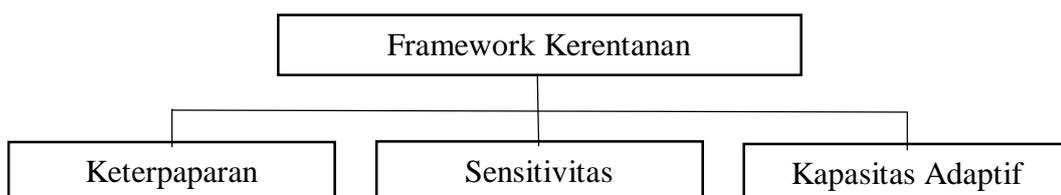
b. Keterpaparan

IPCC (2017) mendefinisikan keterpaparan sebagai kehadiran orang, mata pencaharian, spesies atau ekosistem, fungsi lingkungan, jasa, dan sumber daya, infrastruktur, atau aset ekonomi, sosial, atau budaya di tempat dan pengaturan yang dapat terpengaruh secara merugikan. Eksposur mewakili kondisi iklim terhadap latar belakang dan rangsangan bagaimana sistem beroperasi, dan segala perubahan yang terjadi dalam kondisi tersebut. Dengan demikian, keterpaparan sebagai komponen kerentanan tidak hanya sejauh mana sistem mengalami variasi iklim yang signifikan, tetapi juga tingkat dan durasi

dari variasi ini. Pada penilaian kerentanan, variasi iklim dapat dikumpulkan sebagai variabilitas iklim atau perubahan spesifik dalam sistem iklim (misalnya kenaikan suhu, variabilitas, perubahan curah hujan, dan lain-lain). Sistem secara alami sering terkena dampak variabilitas iklim, terlepas dari perubahan iklim di masa depan. Namun, perubahan iklim dapat mengubah dan meningkatkan keterpaparan di masa depan.

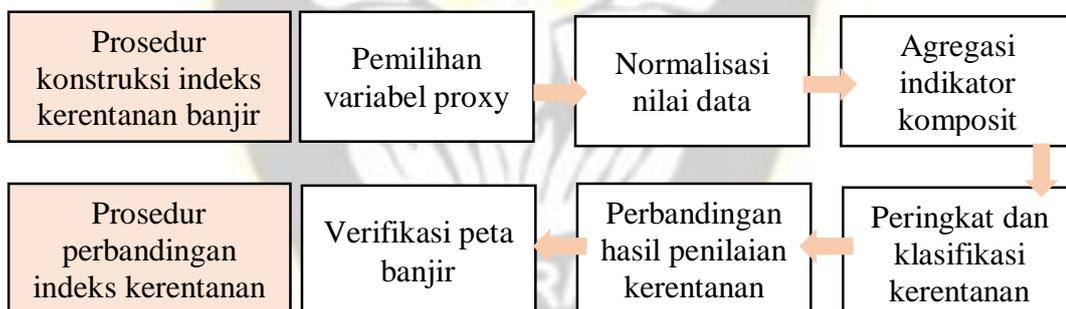
c. Kapasitas Adaptif

Kapasitas adaptif dianggap sebagai kemampuan suatu sistem untuk meningkatkan kemampuannya dalam merespon dengan mengurangi potensi dampak akibat banjir (Chang dan Huang, 2015). Kapasitas adaptif terdiri dari penyesuaian perilaku dan sumber daya dan teknologi. Literatur terbaru menekankan pentingnya faktor sosial ekonomi untuk kapasitas adaptif suatu sistem, terutama menyoroti peran integral dari lembaga, tata kelola dan manajemen dalam menentukan kemampuan untuk beradaptasi dengan perubahan iklim. Dengan demikian, kapasitas adaptif suatu sistem dapat secara fundamental dibentuk oleh tindakan manusia dan itu mempengaruhi elemen biofisik dan sosial dari suatu sistem (IPCC, 2012). Penelitian menunjukkan bahwa beberapa faktor penentu sosial-ekonomi dari kapasitas adaptif bersifat generik (seperti, pendidikan, pendapatan, dan kesehatan), sedangkan faktor-faktor penentu lainnya khusus untuk dampak perubahan iklim tertentu seperti banjir atau kekeringan (misalnya lembaga, ilmu pengetahuan dan teknologi). Secara umum, faktor-faktor penentu tidak independen satu sama lain atau tidak saling eksklusif karena, misalnya, sumber daya ekonomi memfasilitasi penerapan teknologi baru dan dapat memastikan akses ke peluang pelatihan. Tingkat kapasitas adaptasi yang lebih rendah di negara-negara berkembang sangat sering dikaitkan dengan kemiskinan (IPCC, 2012).



**Gambar 1.** Framework Kerentanan  
 Sumber: Marília, Andrade dan Fabian, 2018

Dalam menghitung indeks kerentanan banjir terhadap perubahan iklim diperoleh dari proses berikut; (1) kerangka teoritis dipilih dari penilaian kerentanan IPCC, yang terdiri dari tiga komponen, yaitu keterpaparan, sensitivitas, dan kapasitas adaptif; (2) variabel proksi untuk tiga komponen dipilih yang dapat terukur dan mewakili setiap komponen; (3) semua variabel proksi pada skala dan unit yang berbeda dinormalisasi menjadi rasio dengan nilai maksimum setiap variabel untuk skala umum 1 hingga 0; (4) bobot yang sama diasumsikan dan ditetapkan untuk variabel proksi dan tiga komponen penilaian; (5) fungsi utilitas multi-atribut aditif digunakan untuk menggabungkan variabel proksi individu ke dalam setiap indikator komponen; dan (6) indikator komponen digabungkan menjadi indikator komposit dengan fungsi utilitas aditif atau multiplikasi. Peringkat kerentanan banjir kemudian diurutkan dan dibandingkan untuk setiap wilayah administratif yang diteliti. Prosedur analisis penelitian tersebut dirangkum dalam **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Diagram Prosedur Analisis untuk Konstruksi dan Perbandingan Indeks Kerentanan Banjir).  
Sumber: Lee dan Choi (2018)

Kajian kerentanan spasial dapat memberikan informasi secara rinci. Kerentanan spasial digunakan untuk memetakan sejauh mana orang, properti, sumber daya, dan lingkungan kemungkinan akan terpengaruh oleh suatu bahaya. Kajian kerentanan spasial yang efektif mencakup pemetaan berbagai kriteria yang mempengaruhi berbagai jenis kerentanan dan kapasitas penanggulangan serta integrasinya untuk mendapatkan skenario kerentanan yang sebenarnya (Lee dan Choi, 2018). Penilaian kerentanan banjir regional untuk setiap kabupaten/kota administratif dibutuhkan untuk menetapkan rencana mitigasi yang sesuai. Peta yang dihasilkan oleh penilaian kerentanan dapat digunakan oleh pembuat kebijakan untuk rencana

pengelolaan yang efektif yang menargetkan tindakan pencegahan dan pengurangan (Weis et al., 2016). Dengan demikian, penilaian kerentanan dapat berkontribusi pada mitigasi dampak banjir terhadap manusia, harta benda dan lingkungan.

## **2.5 Mitigasi Bencana Banjir**

Informasi spasial mengenai wilayah banjir yang berisiko tinggi diperlukan untuk mengembangkan opsi mitigasi banjir yang dibutuhkan. Dengan mengadaptasi langkah-langkah mitigasi yang signifikan pada tingkat komunitas atau individu, dampak buruk seperti kerugian ekonomi dan manusia dapat diminimalkan, terutama bagi penduduk yang terletak di pinggiran sungai atau pesisir yang rawan banjir. Langkah-langkah kebijakan dan opsi mitigasi yang signifikan dari pemerintah terkait banjir dapat memainkan peran sentral dalam meningkatkan kapasitas adaptasi lokal dan mengurangi kerentanan (Ahmad, Afzal dan Rauf, 2019). Dalam mengatasi risiko banjir dibutuhkan mitigasi non-struktural dan structural (Ran dan Nedovic-budic, 2016). Mitigasi struktural untuk mengurangi bahaya banjir sering kali dikaitkan dengan pembangunan dan pemeliharaan tanggul, bendungan, elemen bergerak seperti karung pasir, menghilangkan hambatan dari dataran banjir, membatasi konstruksi, dan mengendalikan desain ruang fisik di daerah rawan banjir. Sedangkan mitigasi non-struktural menerapkan pengetahuan, praktik, kesepakatan, dan/atau kebijakan untuk mengurangi bahaya banjir.

Karamouz *et al.* (2019) menjelaskan bahwa manajemen risiko banjir berbeda di setiap negara. Di negara-negara pesisir, seperti Belanda, Inggris, dan Belgia, untuk meningkatkan ketahanan dan meminimalkan kerusakan yang disebabkan oleh banjir, berbagai proyek pengelolaan telah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Selain itu, pemerintah juga meningkatkan kesadaran akan banjir di kalangan anak-anak, usaha kecil dan menengah, dan masyarakat pedesaan. Di China, strategi pengelolaan banjir nasional ditetapkan pada tahun 2004 untuk memiliki adaptasi yang lebih besar terhadap perubahan kondisi hidrologis dan lingkungan. Di Australia, untuk memiliki kota yang lebih tangguh dan mengurangi kerugian akibat bencana, pendekatan manajemen yang dilakukan salah satunya adalah memberikan insentif bagi individu dan masyarakat untuk menangani risiko yang mereka hadapi.

Mitigasi struktural dalam mengatasi banjir pada umumnya dilakukan untuk mengurangi risiko yang akan timbul. Mitigasi struktural ada yang bersifat permanen maupun non permanen. Beberapa contoh mitigasi struktural yang bersifat permanen adalah tanggul laut, tanggul sungai dengan beton, atau infrastruktur jangka panjang lainnya. Sedangkan yang bersifat non-permanen lebih ke mitigasi sementara, seperti tanggul sungai dengan karung pasir. Ahmad dan Afzal (2020) menyebutkan berbagai macam mitigasi yang paling sering dan jarang diadaptasi pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Klasifikasi Strategi Penanggulangan Banjir yang Diterapkan oleh Rumah Tangga

Strategi Mitigasi Maksimal yang Diadaptasi Masyarakat	
a	Konstruksi rumah dengan bahan yang diperkuat → Menggunakan gabungan baja tulangan, air, pasir, semen, dan potongan batu kecil bahan komposit bentuk beton
b	Meninggikan lantai dasar bangunan
c	Menguatkan fondasi bangunan
d	Membuat tabungan dana darurat → untuk mengatasi ketidakpastian di masa depan
Strategi Mitigasi yang paling Sedikit Diadaptasi Masyarakat	
a	Karung pasir → digunakan untuk menutup celah air
b	Menyiapkan tempat penyimpanan bahan makanan di lantai dua
c	Membersihkan saluran yang mengelilingi rumah
d	Membangun rumah 2 lantai
e	Membangun tanggul di depan rumah
f	Menyimpan stok makanan ketika banjir (musim hujan)
g	Menyediakan perahu kecil

Sumber: Ahmad dan Afzal (2020)

Strategi mitigasi non-struktural yang dapat dilakukan untuk menghadapi bahaya dan mengatasi risiko banjir adalah mempersiapkan dan memperkuat kesiapsiagaan masyarakat. Kesiapsiagaan adalah suatu upaya yang dilaksanakan untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya bencana guna menghindari jatuhnya korban jiwa, kerugian harta benda, dan berubahnya tata kehidupan masyarakat dikemudian hari (Andrea, Sudharto dan Kismartini, 2020). Peningkatan kemampuan kesiapsiagaan merupakan salah satu hal yang penting dalam rangka mengurangi resiko kerusakan akibat bencana. Konsep kesiapsiagaan masyarakat ditekankan pada pengetahuan masyarakat mengenai ancaman yang terjadi di

lingkungan dan mempersiapkan kemampuan untuk dapat melaksanakan kegiatan tanggap darurat dengan memaksimalkan potensi yang ada. Peningkatan kemampuan masyarakat dalam upaya kesiapsiagaan bencana dapat dilakukan dengan cara edukasi kepada masyarakat lewat kegiatan sosialisasi dan penyuluhan. Edukasi kepada masyarakat terdampak dapat berupa pengetahuan mengenai tanda-tanda datangnya bencana yang dalam hal ini adalah banjir pasang, serta kecepatan dan ketepatan dalam mengorganisasi penyelamatan diri (Azmeri, Safrida dan Mironi, 2016). Mitigasi non-struktural lainnya adalah peringatan dini banjir (*early warning system*). Melalui peringatan dini, masyarakat dapat memperoleh cukup waktu untuk melakukan tindakan pencegahan guna melindungi diri dan mata pencaharian mereka dari risiko banjir (Shah, Ullah dan Abid, 2017).

Dalam melakukan tindakan mitigasi banjir, Kerjasama antar pihak, baik masyarakat, pemerintah, maupun Lembaga-lembaga lainnya, sangat dibutuhkan. Dalam prosesnya, terdapat beberapa kendala dalam melakukan mitigasi, seperti, sistem peringatan dini masih menggunakan metode penyebaran informasi yang ketinggalan zaman, dukungan finansial dan kelembagaan yang kurang, serta kurangnya perencanaan penggunaan lahan. Ketahanan kelembagaan harus mendukung dalam penguatan dan pembentukan jaringan dan organisasi lokal dan pemerintah tidak boleh membiarkan orang membangun rumah di daerah rawan banjir. Daramola *et al.* (2016) menyatakan bahwa kurangnya strategi mitigasi bersama di antara masyarakat. Rumah tangga ditemukan lebih banyak berinvestasi dalam tindakan individu dan lebih sedikit dalam tindakan bersama. Strategi mitigasi bersama dalam masyarakat perlu dikembangkan dan diterapkan di tingkat lokal untuk mengurangi biaya mitigasi. Dari kendala-kendala yang telah disebutkan, pemerintah, swasta, dan masyarakat dapat melakukan mitigasi banjir melalui pengembangan hubungan dan kemitraan yang kuat di antara berbagai pemangku kepentingan. Selain itu, penelitian perlu dilakukan tentang opsi mitigasi berbiaya rendah dan lanjutan untuk rumah tangga dan masyarakat yang tinggal di dekat wilayah sungai agar mereka tidak terlalu rentan dan lebih tangguh.

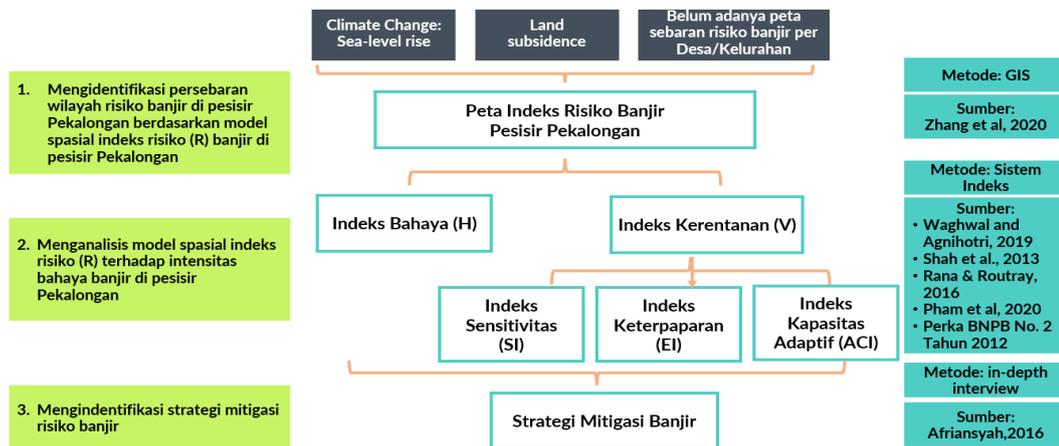
## 2.6 Tinjauan Literatur

No.	Peneliti (Tahun)	Judul	Metode	Hasil
1.	Zhang <i>et al.</i> (2020)	<i>A GIS-based spatial multi-index model for flood risk assessment in the Yangtze River Basin, China</i>	Sistem Indeks dan GIS	Berdasarkan hasil peta risiko banjir, 24,90% wilayah studi berada pada risiko sangat tinggi dan tinggi pada tahun 1998 dan risiko di wilayah tersebut menurun masing-masing menjadi 15,95% dan 17,61% pada tahun 2008 dan 2016.
2.	Ogato <i>et al.</i> (2020)	<i>Geographic information system (GIS)-Based multicriteria analysis of flooding hazard and risk in Ambo Town and its watershed, West shoa zone, oromia regional State, Ethiopia</i>	Perpektif multikriteria berbasis GIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasil peta bahaya banjir menunjukkan bahwa 60,58% daerah DAS berada di level tinggi dan sangat tinggi. Sedangkan Kota Ambo, yang masuk dalam wilayah DAS, sebesar 66,87% wilayah kota berada di level bahaya tinggi dan sangat tinggi.</li> <li>• Hasil analisis peta risiko banjir menunjukkan 41,76% daerah DAS berada di level risiko tinggi dan sangat tinggi. Sedangkan setengah kota Ambo, sebesar 50,09%, termasuk dalam daerah berisiko banjir tinggi dan sangat tinggi.</li> <li>• Pendekatan wilayah sungai yang terintegrasi untuk pengelolaan banjir dibutuhkan dalam mengatasi berbagai masalah terkait air di tingkat DAS. Selain itu, pendidikan lingkungan harus ditekankan untuk membangun tanggung jawab di antara warga negara.</li> </ul>
3.	Rana dan Routray (2016)	<i>Actual vis-à-vis Perceived Risk of Flood Prone</i>	Pendekatan berbasis indeks dan kuantitatif menggunakan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dikarenakan kondisi sosial ekonomi yang buruk, rumah tangga yang tinggal di komunitas rawan banjir di kota</li> </ul>

		<i>Urban Communities in Pakistan</i>	<i>Pearson's correlation</i> dan <i>sampled paired t-test</i>	metropolitan lebih rentan dibandingkan dengan rumah tangga di kota lainnya. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis komparatif menunjukkan bahwa tingkat risiko aktual dan risiko yang dirasakan berbeda secara signifikan di antara kota-kota, tetapi mencerminkan korelasi positif di ketiga kota area studi.</li> <li>• Hal ini menunjukkan bahwa risiko yang dirasakan meningkat sehubungan dengan risiko actual.</li> </ul>
4.	Ntajal <i>et al.</i> (2017)	<i>Flood Disaster Risk Mapping in the Lower Mono River Basin in Togo, West Africa</i>	GIS, Remote Sensing, dan teknik penilaian risiko banjir berbasis indikator	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peta risiko menunjukkan bahwa semua masyarakat terpapar risiko banjir, tetapi masyarakat tertentu seperti Agbanakin, Azime Dossou dan Togbavi ditemukan di daerah dengan tingkat risiko banjir yang relatif tinggi.</li> <li>• Sikap positif terhadap tindakan dini dan sistem peringatan dini, kolaborasi antar lembaga bantuan bencana dan bangunan yang sesuai dengan aturan dibutuhkan dalam mengurangi risiko banjir.</li> </ul>
5.	Afiana, Sujatmoko dan Hendri (2016)	Pemetaan Indeks Risiko Banjir Dengan Menggunakan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) Kecamatan Tampan, Marpoyan Damai, dan Payung Sekaki	Analisis Indeks dengan persamaan PERKA BNPB No. 2 tahun 2012 dan GIS dalam menggambarkan peta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasil indeks risiko, yang digambarkan dalam peta risiko, diklasifikasikan dalam tiga kelas yaitu kelas rendah, menengah, dan tinggi.</li> <li>• Mayoritas kelurahan, sebanyak 8 kelurahan, berada di level indeks risiko kelas menengah, yaitu Simpang Baru, Sidomulyo Barat, Tuah Karya, Tangkerang Tengah, Sidomulyo Timur, Wonorejo, Tampan, dan Labuh Baru Barat. Terdapat 5</li> </ul>

				kelurahan dengan indeks rendah yaitu Delima, Tangkerang Barat, Maharatu, Labuh Baru Timur, dan Air Hitam.
--	--	--	--	---

## 2.7 Kerangka Pikir



Gambar 3. Alur Pikir Penelitian

Sekolah Pascasarjana