

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Bencana, Bencana Alam dan Bencana Banjir

1. Pengertian Bencana Secara Umum

Menurut Undang - Undang Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana dan Peraturan Pemerintah tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana yang dimaksud bencana adalah sebagai berikut, *“Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis”*. Sesuai dengan pasal 1 UU nomor 24 Tahun 2007 maka bencana banjir dikategorikan sebagai bencana alam, yaitu bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam. Menurut BPBD Provinsi Nusa Tenggara Barat (2022) pengertian banjir adalah peristiwa atau keadaan dimana terendamnya suatu daerah atau daratan karena volume air yang meningkat. Banjir disebabkan terbendungnya aliran sungai pada alur sungai. Bencana yang disebabkan oleh faktor hidrometeorologi ini selalu meningkat setiap tahunnya. Menurut Suripin (2003) banjir adalah suatu kondisi di mana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (palung sungai) atau terhambatnya

aliran air di dalam saluran pembuang, sehingga meluap menggenangi daerah (dataran banjir) sekitarnya. Sementara menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2002) banjir adalah aliran yang relatif tinggi dan tidak tertampung lagi oleh alur sungai atau saluran. Menurut Khotimah et.al. (2013), banjir adalah aliran atau genangan air yang menimbulkan kerugian ekonomi atau bahkan menyebabkan kehilangan jiwa, sedangkan dalam istilah teknik diartikan sebagai aliran air sungai yang mengalir melampaui kapasitas tampung sungai tersebut. Menurut Rahayu (2009), banjir adalah tergenangnya suatu tempat akibat meluapnya air yang melebihi kapasitas pembuangan air di suatu wilayah dan menimbulkan kerugian fisik, sosial dan ekonomi. Menurut Ligal (2008), banjir adalah peristiwa dimana daratan yang biasanya kering (bukan daerah rawa) menjadi tergenang oleh air, hal ini disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan kondisi topografi wilayah berupa dataran rendah hingga cekung. Menurut IDEP (2007), banjir adalah ancaman musiman yang terjadi apabila meluapnya tubuh air dari saluran yang ada dan menggenangi wilayah sekitarnya. Banjir adalah ancaman alam yang paling sering terjadi dan paling banyak merugikan, baik dari segi kemanusiaan maupun ekonomi.

Menurut *United Nations Office for Disaster Risk Reduction* (UNDRR) yang dimaksud dengan bencana adalah gangguan serius terhadap fungsi komunitas atau masyarakat pada skala apapun karena peristiwa berbahaya yang berinteraksi dengan kondisi paparan, kerentanan, dan kapasitas, yang menyebabkan satu atau lebih hal berikut: kerugian dan dampak manusia, material, ekonomi dan lingkungan. Bencana merupakan suatu peristiwa alami ataupun buatan manusia, tiba-tiba atau

progesif yang berdampak dengan tingkat keparahan sedemikian rupa sehingga komunitas yang terkena dampak harus merespon dengan mengambil tindakan luar biasa. Bencana tersebut merupakan gangguan dalam pola kehidupan normal. Hal tersebut berefek pada manusia seperti hilangnya nyawa, cedera, kesulitan dan kerugian yang mempengaruhi kesehatan. Selain itu juga berefek pada struktur sosial seperti kerusakan sistem pemerintahan, kerusakan gedung, kerusakan infrastruktur, komunikasi dan layanan penting lainnya. Bencana juga mengakibatkan adanya gangguan produksi, gangguan gaya hidup, hilangnya mata pencaharian, kerugian ekonomi nasional dan efek sosiologis serta psikologis. Dalam situasi bencana, maka membutuhkan tempat tinggal atau tempat mengungsi, makanan, pakaian, bantuan medis dan kepedulian sosial (Carter, 2008).

Coburn et.al (1994) mengemukakan bahwa bencana adalah satu kejadian atau serangkaian kejadian yang meningkatkan jumlah korban dan atau kerusakan, kerugian harta benda, infrastruktur, pelayanan pelayanan penting atau sarana kehidupan pada satu skala yang berada di luar kapasitas normal. Sementara menurut *Asian Disaster Reduction Center* (2005) bencana adalah suatu gangguan serius terhadap masyarakat yang menimbulkan kerugian secara meluas dan dirasakan baik oleh masyarakat, berbagai material dan lingkungan (alam) dimana dampak yang ditimbulkan melebihi kemampuan manusia guna mengatasinya dengan sumber daya yang ada. Lebih lanjut menurut Parker (1992) bencana adalah sebuah kejadian yang tidak biasa terjadi disebabkan oleh alam maupun ulah manusia, termasuk pula di dalamnya merupakan imbas dari kesalahan teknologi yang memicu respon dari

masyarakat, komunitas, individu maupun lingkungan untuk memberikan antusiasme yang bersifat luas.

2. Pengertian Bencana Alam

Menurut Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana, bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor. Sedangkan menurut *Asian Disaster Reduction Center* (2005), disebutkan bahwa bencana alam adalah suatu gangguan serius terhadap masyarakat yang menimbulkan kerugian secara meluas dan dirasakan baik oleh masyarakat, berbagai material dan lingkungan (alam) dimana dampak yang ditimbulkan melebihi kemampuan manusia guna mengatasinya dengan sumber daya yang ada.

Berdasarkan penyebabnya bencana dapat dikategorikan menjadi tiga yaitu bencana yang disebabkan oleh alam (*natural disaster*), bencana akibat teknologi (*technological-caused disaster*) dan bencana akibat manusia (Etkin, 2016). Kejadian bencana alam diperkirakan akan terus meningkat yang disebabkan oleh beberapa faktor yaitu (1) variasi dari siklus alam seperti solar maxima, gempa bumi dan aktivitas vulkanik; (2) pemanasan global yang minimal dapat meningkatkan aktivitas badai yang mematikan dan kekeringan di beberapa wilayah; (3) bertambahnya variasi jenis penyakit dan penyakit akibat vector akibat pemanasan global; dan (4) perubahan musim, kondisi cuaca serta suhu dan kelembaban ambient yang menyebabkan dampak buruk pada cadangan makanan, produksi zat allergen dan isu kesehatan pada manusia. Bencana akibat kejadian biologis disebabkan oleh

patogen bakteri atau virus yang dapat berbentuk pandemic, wabah, atau epidemic penyakit menular. Bencana biologis adalah bencana yang diakibatkan oleh paparan/pajanan biomassa atau organisme hidup dalam jumlah besar terhadap zat-zat beracun, bakteri atau radiasi (Gunn, 2013).

Bencana akibat kejadian hidro-meteorologik dapat disebabkan oleh curah hujan yang tinggi atau rendah. Yang sering terjadi adalah bencana akibat curah hujan tinggi yaitu banjir dan badai. Bencana badai meliputi badai siklon tropis, tornado, badai angin, dan badai salju. Sedangkan bencana akibat curah hujan rendah antara lain: kekeringan (kadang bersamaan dengan badai debu), kebakaran yang tidak terkendali seperti di hutan, dan gelombang panas. Bencana akibat kejadian geofisika (geo-physical disaster). Bencana ini disebabkan oleh energi yang dihasilkan dari berbagai kejadian geofisika. Bencana ini terbagi menjadi tiga yaitu (1) bencana karena energi seismic seperti gempa bumi dan tsunami; (2) bencana karena energi vulkanik seperti erupsi gunung berapi dan aliran lava gunung; dan (3) bencana karena energi gravitasi seperti longsor (longsoran puing, longsor lumpur, longsoran lahar vulkanik).

3. Pengertian Bencana Banjir

Menurut Undang-Undang No 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, banjir merupakan peristiwa atau keadaan dimana terendamnya suatu daerah atau dataran karena volume air yang meningkat. Banjir merupakan bencana alam yang sering terjadi secara global dan mengakibatkan kerugian setiap tahunnya (Willner et al., 2018). Banjir merupakan fenomena alam yang terjadi ketika hujan turun

dengan intensitas sangat tinggi namun tanah tidak mampu untuk menyerap air dengan maksimal sehingga terjadi limpasan (Mahmud et al., 2018). Banjir merupakan kondisi dimana tidak tertampungnya atau terhambatnya aliran air dalam suatu saluran (Suripin, 2003). Banjir dapat dipahami sebagai keadaan kelebihan air yang cukup tinggi dan tidak tertampung dalam saluran air atau alur sungai sehingga menyebabkan genangan di kawasan yang memiliki ketinggian lebih rendah (Hutauruk et al., 2020). Banjir terjadi karena adanya aliran air yang berlebihan akibat perubahan curah hujan dan limpasan permukaan, kapasitas sungai terbatas atau drainase tidak berfungsi dengan maksimal. Adanya perubahan iklim dan perubahan guna lahan meningkatkan risiko terjadinya limpasan air permukaan yang menjadi banjir (Mahmud et al., 2018).

Penyebab banjir lainnya antara lain adalah sedimentasi, konversi fungsi lahan, tikungan sungai, gradien sungai, drainase, kelembaban. Berikut merupakan beberapa faktor penyebab terjadi bencana banjir:

1. Curah Hujan

Curah hujan merupakan turunnya air ke permukaan bumi (Mahmud et al., 2018) serta menjadi variabel utama dalam siklus air di bumi (Dhari, 2017). Intensitas hujan mempengaruhi proses penyerapan air ke dalam tanah atau infiltrasi (Mahmud et al., 2018). Air yang jatuh ke permukaan tanah akan diserap oleh tanah dan sisanya akan mengalir dan berubah menjadi air limpasan permukaan (Dhari, 2017). Hujan yang terjadi dengan intensitas tinggi menyebabkan volume air di daratan meningkat hingga pada akhirnya sungai tidak dapat menampung volume air sehingga meluap dan terjadi banjir (Hutauruk et al.,

2020). Faktor yang mempengaruhi terjadinya air limpasan dikarenakan faktor curah hujan dan daerah tangkapan air (Dhari, 2017). Curah hujan yang tinggi di daerah tropis disebabkan proses konveksi pada awan. Variabilitas curah hujan berdasarkan waktu dilihat berdasarkan waktu awal dan akhir terjadinya hujan. Durasi, waktu awal dan waktu berakhirnya curah hujan di suatu daerah tidak sama dengan daerah lainnya. Hal ini menunjukkan adanya variabilitas spasial dari fenomena curah hujan harian yang terjadi (Indarto, 2013).

2. Infiltrasi Tanah dan Struktur Tanah

Infiltrasi tanah merupakan proses penyerapan air ke dalam tanah karena adanya gaya kapiler dan grafitasi. Besar kecilnya laju infiltrasi ke dalam tanah pada lahan yang tidak memiliki vegetasi tidak akan pernah lebih dari laju intensitas hujan di daerah tersebut sedangkan laju infiltrasi ke dalam tanah pada kawasan dengan lahan yang memiliki vegetasi tidak akan lebih dari laju intensitas curah hujan efektif di wilayah tersebut (Asdak, 2004). Sedangkan yang dimaksud dengan tekstur tanah merupakan faktor penentu kecepatan infiltrasi, penetrasi dan kemampuan dalam mengikat air. Tekstur tanah merupakan sifat fisik tanah yang tidak mudah diubah oleh manusia (Wismarini & Sukur, 2015).

3. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng merupakan perbandingan dari tanah yang mengalami erosi dalam suatu kemiringan lahan untuk kondisi lahan yang sama. Kemiringan lereng berpengaruh terhadap jumlah dan cepat lambatnya laju air limpasan permukaan, drainase permukaan dan aliran air lainnya (Suripin, 2003).

Dampak dari bencana banjir dapat dirasakan secara langsung oleh masyarakat berupa kerugian material, kerusakan infrastruktur bahkan korban jiwa. Selain itu banjir juga berdampak pada sosial ekonomi masyarakat karena adanya kerusakan infrastruktur yang terendam banjir (Nofal & van de Lindt, 2020). Berikut merupakan dampak kerugian dari banjir (Hutauruk et al., 2020):

1. Kerusakan dan kerugian sektor perumahan. Kerusakan dan kerugian di sektor perumahan meliputi jumlah rumah yang tergenang air dengan kerusakan ringan, kerusakan berat maupun yang hanyut terbawa banjir. Selain bangunan rumah yang terendam tentunya harta benda juga ikut terendam dan membawa kerugian.
2. Kerusakan dan kerugian sektor infrastruktur. Kerugian juga dialami masyarakat yang tidak dapat menggunakan sarana dan prasarana infrastruktur tersebut.
3. Kerusakan dan kerugian sektor ekonomi produktif. Kerugian di sektor ekonomi produktif meliputi jumlah industri, pasar, serta fasilitas perekonomian lainnya yang mengalami kerugian karena banjir.
4. Kerusakan dan kerugian sarana dan prasarana sosial. Kerugian di sektor sarana dan prasarana sosial meliputi fasilitas sosial yang terdiri dari sekolah, puskesmas, klinik, rumah sakit, fasilitas keagamaan dan fasilitas sosial lainnya yang terdampak banjir.
5. Kerusakan dan kerugian sektor lainnya. Kerugian di sektor lainnya dapat berupa kerusakan kantor pemerintahan, fasilitas keamanan, dan lainnya.

Banjir memiliki dampak yang signifikan dan saling terkait terhadap penurunan kualitas sanitasi lingkungan serta peningkatan penyebaran penyakit yang ditularkan melalui air (*waterborne diseases*). Berikut adalah beberapa dampak utama dari bencana banjir:

1. Penurunan Kualitas Sanitasi Lingkungan

Banjir sering kali merusak infrastruktur sanitasi dasar dan mencemari lingkungan pemukiman:

- **Kontaminasi Sumber Air Bersih:** Banjir menyebabkan pencemaran pada sumber air, terutama sumur gali, akibat masuknya lumpur, sampah, dan limbah rumah tangga (Suliono, 2018; Syifa et al., 2025). Di wilayah tertentu, ditemukan bahwa hingga 73,33% sumber air menjadi kotor dan keruh pasca-banjir (Syifa et al., 2025).
- **Kegagalan Sistem Pembuangan Limbah:** Genangan air menyebabkan tangki septik meluap dan membuat jamban tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya (Suliono, 2018). Hal ini sering memaksa masyarakat membuang limbah langsung ke lingkungan, yang semakin memperburuk kontaminasi (Syifa et al., 2025).
- **Kerusakan Lingkungan Fisik:** Pasca-banjir, kondisi rumah yang lembap dan munculnya bau tidak sedap menjadi faktor risiko tambahan bagi kesehatan penghuninya (Syifa et al., 2025).

2. Penyebaran Penyakit (*Waterborne Diseases*)

Kerusakan sanitasi dan kontaminasi air secara langsung meningkatkan prevalensi berbagai penyakit menular:

- Penyakit yang sering muncul: Berdasarkan data kesehatan, beberapa penyakit yang meningkat drastis setelah banjir meliputi diare, leptospirosis, infeksi saluran pernapasan akut, penyakit kulit, tifoid, hingga penyakit yang ditularkan melalui vektor seperti demam berdarah (Suliono, 2018).
- Lonjakan Kasus: Penelitian di Sulawesi Selatan menunjukkan bahwa prevalensi penyakit yang ditularkan melalui air dapat meningkat hingga 60% dibandingkan kondisi sebelum banjir (Syamsih et al., 2025).
- Kelompok Rentan: Anak-anak merupakan kelompok yang paling berisiko mengalami diare dan infeksi kulit akibat paparan air banjir dan sanitasi yang buruk (Syifa et al., 2025).

3. Hubungan Antara Banjir dan Kesehatan

Terdapat korelasi yang sangat kuat antara intensitas banjir, buruknya kondisi sanitasi, dan prevalensi penyakit (Syamsih et al., 2025). Banjir bertindak sebagai media penyebaran patogen (bakteri dan virus) dari saluran limbah yang meluap ke sumber air konsumsi masyarakat (Dutra et al., 2023). Oleh karena itu, pemulihan sarana sanitasi dasar dan akses air bersih menjadi prioritas utama dalam manajemen kesehatan pasca-bencana untuk mencegah wabah lebih lanjut (Suliono, 2018; Syifa et al., 2025).

Banjir memberikan dampak destruktif yang signifikan terhadap kualitas sanitasi lingkungan dan secara drastis meningkatkan risiko penyebaran penyakit yang ditularkan melalui air (waterborne diseases) di berbagai belahan dunia. Secara global, banjir diakui sebagai bencana alam paling umum yang mengancam kesehatan melalui kontaminasi sistem air dan kerusakan infrastruktur pembuangan

limbah (Paterson et al., 2018). Kegagalan sistem sanitasi, seperti luapan tangki septik, menyebabkan patogen dari feses berpindah ke lingkungan dan sumber air konsumsi (Lévy et al., 2016; Suliono, 2018). Di Indonesia, penelitian mencatat bahwa hingga 73,33% sumber air bersih dapat terkontaminasi oleh lumpur dan limbah rumah tangga pasca-banjir (Syifa et al., 2025).

Dampak kesehatan dari kondisi sanitasi yang buruk ini sangat nyata, terutama bagi kelompok rentan. Penelitian di 43 negara berpenghasilan rendah dan menengah mengonfirmasi adanya hubungan kuat antara paparan banjir dengan peningkatan risiko diare pada anak-anak di bawah usia lima tahun (Wang et al., 2023). Selain diare, penyakit seperti leptospirosis, tifoid, kolera, hepatitis A, dan infeksi kulit sering dilaporkan muncul sebagai konsekuensi dari rusaknya kerangka kerja WASH (*Water, Sanitation, and Hygiene*) (Jamalludin et al., 2025; Paterson et al., 2018). Di Brasil, tinjauan integratif menekankan bahwa keberadaan bakteri dan virus di lingkungan yang tergenang menciptakan risiko gastroenteritis yang tinggi bagi komunitas pinggiran sungai (Dutra et al., 2023). Prevalensi penyakit ini bahkan dapat melonjak hingga 60% dibandingkan periode normal akibat media banjir yang membawa patogen langsung ke ruang hidup manusia (Suliono, 2018; Syamsih et al., 2025).

Untuk memitigasi risiko ini, maka terdapat penekanan tentang pentingnya strategi kesiapsiagaan yang mencakup pengelolaan sistem air yang adaptif dan intervensi berkelanjutan pada infrastruktur sanitasi (Jamalludin et al., 2025; Lévy et al., 2016). Pemulihan akses air bersih serta perbaikan sarana pembuangan limbah dasar tetap menjadi prioritas utama dalam manajemen kesehatan masyarakat pasca-

bencana, baik dalam konteks lokal maupun global, guna mencegah terjadinya wabah yang lebih luas (Suliono, 2018; Syifa et al., 2025).

B. Pengelolaan Penanggulangan Bencana

A. Pengertian Pengelolaan Bencana

Menurut Carter (1991) pengelolaan bencana didefinisikan sebagai suatu ilmu pengetahuan terapan (aplikatif) yang mencari, dengan observasi sistematis dan analisis bencana, untuk meningkatkan tindakan-tindakan (*measures*) terkait dengan preventif (pencegahan), mitigasi (pengurangan), persiapan, respon darurat, dan pemulihan. Manajemen bencana bisa diartikan sebagai upaya-upaya untuk merencanakan, mengorganisasikan, mengawasi, melaksanakan dan mengarahkan segala sumberdaya jika terjadi bencana (*disaster*) pada suatu daerah.

Manajemen bencana bisa digambarkan sebagai suatu siklus yang berlangsung secara terus menerus (kontinyu). Menurut Warfield (2008), manajemen bencana mempunyai tujuan: (1) mengurangi atau mencegah kerugian karena bencana, (2) menjamin terlaksananya bantuan yang segera dan memadai terhadap korban bencana dan (3) mencapai pemulihan yang cepat dan efektif. Fase utama dan fungsi pengelolaan bencana terdiri dari 8 (delapan) tahapan meliputi perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), kepemimpinan (*directing*), pengkoordinasian (*coordinating*), pengendalian (*controlling*), pengawasan (*supervising*), penganggaran (*budgeting*), dan financial .

Warfield (2008) menyatakan bahwa pada prinsipnya terdapat beberapa substansi yang perlu dalam filosofi pengelolaan bencana, meliputi :

- Bencana memberi dampak mulai yang sangat kecil sampai yang sangat besar, tergantung dari antara lain jenis bencana, luas areal yang terkena, *land-use*.
- Kerugian baik jiwa maupun materi (harta) dialami oleh semua lapisan masyarakat, *stakeholders* maupun pemerintah.
- Dari dua hal tersebut maka penanggung jawab utama pengelolaan bencana ada di Pemerintah yang berperan dominan sebagai *enabler*.
- Pemerintah dibantu oleh *stakeholder* terkait.

Selain itu dalam pengelolaan bencana, seharusnya diperlukan suatu pengelolaan bencana terpadu, yang merupakan penanganan integral yang mengarahkan semua pihak dari pengelolaan bencana sub-sektor ke sektor silang. Pengelolaan bencana terpadu sendiri, didefinisikan sebagai suatu proses yang mempromosikan koordinasi pengembangan dan pengelolaan bencana dan pengelolaan aspek lainnya yang terkait langsung maupun tidak langsung dalam rangka tujuan untuk mengoptimalkan resultan kepentingan ekonomi dan kesejahteraan social khususnya dalam kenyamanan dan keamanan terhadap bencana dalam sikap yang cocok/tepat tanpa mengganggu kestabilan dari ekosistem-ekosistem penting (Warfield , 2008).

B. Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana di Indonesia

Pada prinsipnya, secara normatif pengelolaan bencana di Indonesia telah diatur dalam Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Selanjutnya dalam tataran pelaksanaan di lapangan terdapat 3 (tiga) peraturan pemerintah (PP) yang melaksanakan Undang-Undang Penanggulangan Bencana ini, yaitu PP No. 21 tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan

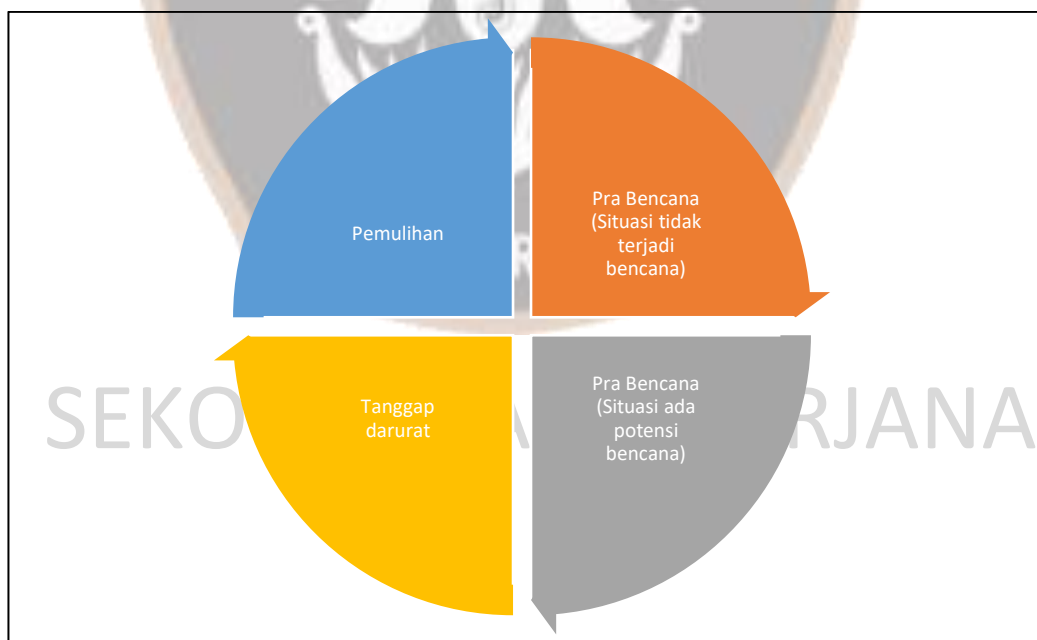
Bencana, PP No. 22 tahun 2008 tentang Pendanaan Penanggulangan Bencana, dan PP No. 23 tahun 2008 tentang Peran serta lembaga internasional dan lembaga asing dalam penanggulangan bencana.

Dalam Pasal 1 Undang - Undang Nomor 24 Tahun 2007 Penyelenggaraan penanggulangan bencana adalah serangkaian upaya yang meliputi penetapan kebijakan pembangunan yang berisiko timbulnya bencana, kegiatan pencegahan bencana, tanggap darurat, dan rehabilitasi. Dalam Pasal 4 disebutkan bahwa penanggulangan bencana bertujuan untuk:

- a. memberikan perlindungan kepada masyarakat dari ancaman bencana;
- b. menyelaraskan peraturan perundang-undangan yang sudah ada;
- c. menjamin terselenggaranya penanggulangan bencana secara terencana, terpadu, terkoordinasi, dan menyeluruh;
- d. menghargai budaya lokal;
- e. membangun partisipasi dan kemitraan publik serta swasta;
- f. mendorong semangat gotong royong, kesetiakawanan, dan kedermawanan; dan

Selanjutnya dalam Pasal 3 PP No. 21 tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana disebutkan bahwa penanggulangan bencana di Indonesia meliputi tahap prabencana, saat tanggap darurat, dan pascabencana. Dalam Pasal 4 disebutkan bahwa penyelenggaraan penanggulangan bencana pada tahap prabencana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 meliputi: a. dalam situasi tidak terjadi bencana; dan b. dalam situasi terdapat potensi terjadinya bencana. Penyelenggaraan penanggulangan bencana dalam situasi tidak terjadi bencana meliputi: a. perencanaan penanggulangan bencana; b. pengurangan risiko bencana;

c. pencegahan; d. pemaduan dalam perencanaan pembangunan; e. persyaratan analisis risiko bencana; f. pelaksanaan dan penegakan rencana tata ruang; g. pendidikan dan pelatihan; dan h. persyaratan standar teknis penanggulangan bencana. Sementara itu menurut Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 4 Tahun 2008 Tentang Pedoman Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana disebutkan bahwa Pemerintah Pusat dan pemerintah daerah bertanggung jawab dalam penyelenggaraan penanggulangan bencana. Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana adalah serangkaian upaya yang meliputi penetapan kebijakan pembangunan yang berisiko timbulnya bencana, kegiatan pencegahan bencana, tanggap darurat, dan rehabilitasi. Rangkaian kegiatan tersebut apabila digambarkan dalam siklus penanggulangan bencana adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Siklus Penanggulangan Bencana di Indonesia

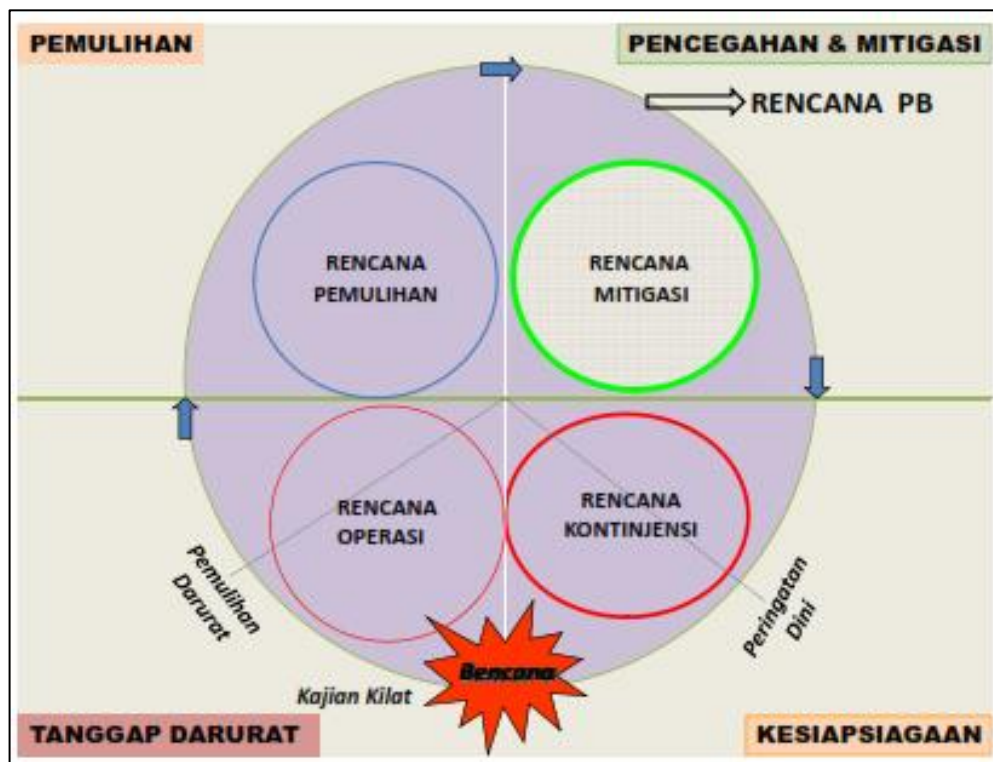
Sumber : Pedoman Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana, 2008.

Pada dasarnya penyelenggaraan penanggulangan bencana adalah tiga tahapan yakni : 1. Pra bencana yang meliputi: situasi tidak terjadi bencana dan situasi terdapat potensi bencana 2. Saat Tanggap Darurat yang dilakukan dalam situasi terjadi bencana 3. Pascabencana yang dilakukan dalam saat setelah terjadi bencana. Tahapan bencana yang digambarkan di atas, sebaiknya tidak dipahami sebagai suatu pembagian tahapan yang tegas, dimana kegiatan pada tahap tertentu akan berakhir pada saat tahapan berikutnya dimulai. Akan tetapi harus dipahami bahwa setiap waktu semua tahapan dilaksanakan secara bersama-sama dengan porsi kegiatan yang berbeda. Misalnya pada tahap pemulihan, kegiatan utamanya adalah pemulihan tetapi kegiatan pencegahan dan mitigasi juga sudah dimulai untuk mengantisipasi bencana yang akan datang. Secara umum perencanaan dalam penanggulangan bencana dilakukan pada setiap tahapan dalam penyelenggaraan penanggulangan bencana (Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana, 2008).

Selanjutnya di dalam Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 4 Tahun 2008 disebutkan bahwa dalam penyelenggaraan penanggulangan bencana, agar setiap kegiatan dalam setiap tahapan dapat berjalan dengan terarah, maka disusun suatu rencana yang spesifik pada setiap tahapan penyelenggaraan penanggulangan bencana.

1. Pada tahap Prabencana dalam situasi tidak terjadi bencana, dilakukan penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana (*Disaster Management Plan*), yang merupakan rencana umum dan menyeluruh yang meliputi seluruh tahapan / bidang kerja kebencanaan. Secara khusus untuk upaya pencegahan dan mitigasi bencana

tertentu terdapat rencana yang disebut rencana mitigasi misalnya Rencana Mitigasi Bencana Banjir DKI Jakarta.



Gambar 5. Perencanaan Penanggulangan Bencana di Indonesia

Sumber : Pedoman Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana, 2008.

2. Pada tahap Prabencana dalam situasi terdapat potensi bencana dilakukan penyusunan Rencana Kesiapsiagaan untuk menghadapi keadaan darurat yang didasarkan atas skenario menghadapi bencana tertentu (*single hazard*) maka disusun satu rencana yang disebut Rencana Kontinjensi (*Contingency Plan*).

3. Pada Saat Tangap Darurat dilakukan Rencana Operasi (*Operational Plan*) yang merupakan operasionalisasi/aktivasi dari Rencana Kedaruratan atau Rencana Kontinjensi yang telah disusun sebelumnya.

4. Pada Tahap Pemulihan dilakukan Penyusunan Rencana Pemulihan (Recovery Plan) yang meliputi rencana rehabilitasi dan rekonstruksi yang dilakukan pada pasca bencana. Sedangkan jika bencana belum terjadi, maka untuk mengantisipasi kejadian bencana dimasa mendatang dilakukan penyusunan petunjuk /pedoman mekanisme penanggulangan pasca bencana.

Pada tahap Prabencana dilakukan penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana yang memuat antara lain upaya pencegahan dan mitigasi bencana. Program pencegahan dan mitigasi bencana dimaksudkan untuk pengurangan risiko, kerentanan dan ancaman. Program-program yang termasuk dalam mitigasi antara lain : peningkatan perencanaan tata ruang, pengelolaan lingkungan, perlindungan dan konservasi sumber daya alam (Rencana Penanggulangan Bencana Jawa Tengah, 2019).

Pertumbuhan penduduk dan pesatnya pembangunan di berbagai wilayah seringkali memicu tekanan besar terhadap kualitas lingkungan hidup (Yuda & Idris, 2022). Untuk mencegah kerusakan ekosistem yang dapat mengancam keberlangsungan hidup manusia dan makhluk lainnya, setiap rencana pengelolaan ruang harus mempertimbangkan batas kemampuan alam secara cermat (Taryono, 2004). Konsep daya dukung dan daya tampung lingkungan menjadi kunci dalam menilai sejauh mana suatu kawasan mampu menyediakan sumber daya dan menyerap limbah akibat aktivitas manusia, sehingga perencanaan tata ruang yang berkelanjutan tidak bisa dilepaskan dari prinsip kehati-hatian ekologis ini (Pahuluan et al., 2017).

Sudharto (2018) menyatakan bahwa untuk menjaga kelestarian fungsi lingkungan hidup dan keselamatan masyarakat, setiap perencanaan tata ruang wilayah wajib didasarkan pada KLHS dan ditetapkan dengan memperhatikan daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup. Hal ini sesuai dengan peraturan perundang-undangan Nomor 24 Tahun 1992 tentang Penataan Ruang, yang telah mengamanatkan bahwa alokasi pemanfaatan ruang harus didasarkan pada daya dukung lingkungan. Pengertian daya dukung lingkungan yaitu kemampuan lingkungan untuk mendukung perikehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Daya tampung lingkungan adalah kemampuan lingkungan hidup untuk menyerap zat, energi, dan/atau komponen lainnya yang masuk atau dimasukkan ke dalamnya.

C. Pengurangan Resiko Bencana

1. Pengertian

Menurut United Nations-International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), Pengurangan Resiko Bencana (PRB) merupakan usaha sadar dan terencana dalam proses pembelajaran untuk memberdayakan peserta dalam upaya untuk pengurangan resiko bencana dan membangun budaya budaya aman serta tangguh terhadap bencana (Ariantoni et.al., 2009). Pendidikan Pengurangan Risiko Bencana ini dipandang sebagai investasi jangka panjang yang krusial untuk menanamkan kepedulian serta nilai-nilai kemanusiaan dalam menghadapi ancaman bencana yang beragam (Septikasari et al., 2022). Sementara menurut Department for International Development (DFID) pengertian Pengurangan Resiko Bencana (PRB) adalah kebijakan dan praktik untuk meminimalkan (dengan maksud untuk

pencegahan jangka panjang) kerugian bencana. DFID menyebutkan tiga tindakan PRB yaitu minimalisasi bahaya (jika memungkinkan); mengurangi paparan dan kerentanan; dan meningkatkan kapasitas koping dan adaptif. Dalam konteks pendidikan, integrasi paradigma ini bertujuan untuk membentuk budaya kesiapsiagaan di lingkungan sekolah, yang dilakukan melalui serangkaian tindakan mitigasi terencana untuk meminimalisir dampak negatif serta meningkatkan kemampuan respons masyarakat terhadap ancaman bencana (Munasti et al., 2023; Nugroho et al., 2023). Langkah ini sejalan dengan kerangka kerja internasional seperti Sendai Framework, yang menekankan pentingnya sinergi antara pengetahuan mitigasi, kesiapsiagaan, dan pemulihan dalam seluruh jenjang pendidikan (Khanif et al., 2021).

2. Kebijakan Pengurangan Resiko Bencana di Indonesia

Menurut Pasal 6 UU 24 Tahun 2007 disebutkan bahwa tanggung jawab Pemerintah dalam penyelenggaraan penanggulangan bencana meliputi: a. pengurangan risiko bencana dan pepaduan pengurangan risiko bencana dengan program pembangunan. Tanggung jawab pemerintah daerah dalam penyelenggaraan penanggulangan bencana meliputi: a. penjaminan pemenuhan hak masyarakat dan pengungsi yang terkena bencana sesuai dengan standar pelayanan minimum; b. perlindungan masyarakat dari dampak bencana; c. pengurangan risiko bencana dan pepaduan pengurangan risiko bencana dengan program pembangunan; dan d. pengalokasian dana penanggulangan bencana dalam Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah yang memadai.

Selanjutnya menurut Pasal 35 menyebutkan bahwa penyelenggaraan penanggulangan bencana dalam situasi tidak terjadi bencana meliputi:

- a. perencanaan penanggulangan bencana;
- b. pengurangan risiko bencana;
- c. pencegahan;
- d. pemaduan dalam perencanaan pembangunan;
- e. persyaratan analisis risiko bencana;
- f. pelaksanaan dan penegakan rencana tata ruang;
- g. pendidikan dan pelatihan; dan
- h. persyaratan standar teknis penanggulangan bencana.

Pengurangan risiko bencana dilakukan untuk mengurangi dampak buruk yang mungkin timbul, terutama dilakukan dalam situasi sedang tidak terjadi bencana. Kegiatan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi: a. pengenalan dan pemantauan risiko bencana; b. perencanaan partisipatif penanggulangan bencana; c. pengembangan budaya sadar bencana; d. peningkatan komitmen terhadap pelaku penanggulangan bencana; dan e. penerapan upaya fisik, nonfisik, dan pengaturan penanggulangan bencana.

Menurut Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 4 Tahun 2008 Tentang Pedoman Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana disebutkan bahwa Pengurangan Risiko Bencana (PRB) adalah sebuah pendekatan sistematis yaitu mengidentifikasi, mengkaji dan mengurangi risiko-risiko bencana, bertujuan untuk mengurangi kerentanan-kerentanan sosial-ekonomi terhadap bencana dan menangani bahaya-bahaya lingkungan maupun bahaya-bahaya lain

yang menimbulkan kerentanan. Pengurangan Risiko Bencana merupakan tanggung jawab lembaga lembaga yang bergerak dalam bidang pembangunan maupun lembaga lembaga bantuan kemanusiaan dan harus menjadi bagian terpadu dari kerja-kerja organisasi semacam ini, bukan sekedar kegiatan tambahan atau kegiatan terpisah yang dilakukan sesekali saja.

Oleh karenanya, upaya Pengurangan Risiko Bencana sangat luas. Dalam setiap sektor dari kerja pembangunan dan bantuan kemanusiaan terdapat peluang untuk melaksanakan prakarsa-prakarsa Pengurangan Risiko Bencana. Konsep Pengurangan Risiko Bencana melihat bencana sebagai sebuah permasalahan kompleks yang menuntut adanya penanganan kolektif yang melibatkan berbagai disiplin dan kelompok kelembagaan yang berbeda. Ini merupakan hal penting untuk dipertimbangkan dalam melihat karakteristik-karakteristik masyarakat yang tahan bencana, karena lembaga-lembaga harus menentukan sendiri di mana akan memfokuskan upaya-upaya mereka dan bagaimana akan bekerjasama dengan para mitra untuk menjamin agar aspek-aspek penting lain dari ketahanan tidak terlupakan. Penting diperhatikan bahwa tabel-tabel yang dimuat dalam catatan panduan ini dimaksudkan sebagai sebuah sumber bagi berbagai macam organisasi yang bekerja di tingkat lokal dan tingkat masyarakat, bersama dengan organisasi-organisasi lain ataupun sendiri-sendiri: unsur-unsur ketahanan tertentu mungkin lebih relevan bagi beberapa organisasi dan konteks tertentu daripada bagi organisasi dan konteks lainnya.

Tindakan-tindakan Pengurangan Risiko Bencana selanjutnya diwadahi dalam dokumen Rencana Aksi Daerah (RAD) yang berlaku untuk periode tiga tahunan,

yaitu dokumen daerah yang disusun melalui proses koordinasi dan partisipasi stake holder yang memuat landasan, prioritas, rencana aksi serta mekanisme pelaksanaan dan kelembagaannya bagi terlaksananya pengurangan Risiko bencana di daerah. Rencana Aksi Daerah Pengurangan Risiko Bencana yang selanjutnya disebut RAD PRB secara substansi merupakan kumpulan program kegiatan yang komprehensif dan sinergis dari seluruh pemangku kepentingan dan tanggungjawab semua pihak yang terkait. RAD PRB berisi prioritas dan strategi pemerintah daerah untuk mengurangi risiko bencana dalam rangka membangun kesiapsiagaan dan ketangguhan masyarakat dalam menghadapi ancaman bencana. Dalam menentukan kegiatan-kegiatan pengurangan risiko (Rencana Aksi Daerah) ini memang harus didahului dengan penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana, karena aktivitas pengurangan risiko adalah tindakan yang lebih rinci dari rencana penanggulangan bencana. Jika rencana penanggulangan bencana itu merupakan rencana yang menyeluruh dari pra bencana sampai pasca bencana, maka rencana aksi ini hanya terbatas pada pra bencana (pencegahan, mitigasi dan kesiapsiagaan), akan tetapi lebih rinci, yaitu sampai pada kapan dilaksanakan, di mana dilaksanakan, berapa dana yang dibutuhkan.

Menurut Rencana Nasional Penanggulangan Bencana 2020-2024 (2019); Pencapaian Sasaran Nasional Penanggulangan Bencana dilaksanakan dengan menerapkan Kebijakan Nasional penanggulangan bencana yang terdiri dari:

1. Penguatan dan Harmonisasi Sistem, Regulasi serta Tata Kelola PB yang efektif dan efisien, dengan strategi : a. Penguatan dan harmonisasi peraturan perundang-

undangan penanggulangan bencana b. Penguatan tata kelola penanggulangan bencana yang semakin profesional, transparan, dan akuntabel.

2. Peningkatan sinergi antar kementerian/lembaga dan pemangku kepentingan dalam penanggulangan bencana, dengan strategi: Penerapan riset inovasi dan teknologi kebencanaan melalui integrasi kolaboratif multi pihak.

3. Penguatan investasi pengelolaan risiko bencana sesuai dengan proyeksi peningkatan risiko bencana, dengan strategi: a. Peningkatan Sarana Prasarana Mitigasi dan Pengurangan Risiko Bencana; b. Penguatan Sistem Kesiapsiagaan Bencana; c. Pemberdayaan masyarakat dalam penanggulangan bencana dengan pendekatan rekayasa sosial yang kolaboratif (*collaborative social engineering*); d. Peningkatan perlindungan terhadap kerentanan lingkungan di daerah rawan bencana.

Formulasi model dasar untuk analisis risiko bencana di Indonesia sesuai dengan Peraturan Kepala BNPB Nomor 4 Tahun 2008 adalah sebagai berikut:

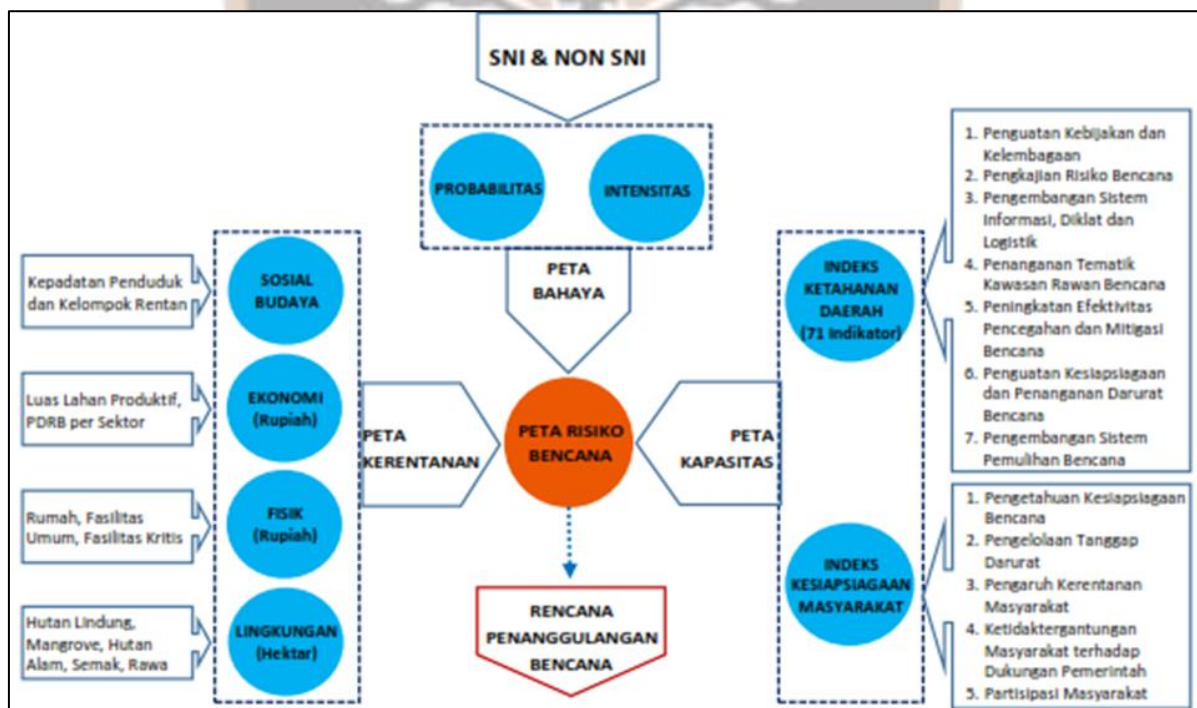
$$R = \frac{H \times V}{C}$$

Keterangan:

- R (risk) : Risiko Bencana
- H (hazard) : Bahaya/Ancaman (Probabilitas dan Intensitas)
- V (vulnerability) : Kerentanan
- C (capacity) : Kapasitas

Secara umum tingkat ancaman menunjukkan tingkat keterpaparan masyarakat terhadap bahaya. Tidak semua wilayah yang probabilitas bahayanya tinggi memiliki tingkat ancaman tinggi, misalnya tanah longsor di wilayah perbukitan

yang jauh dari pemukiman memiliki tingkat ancaman lebih rendah dibandingkan dengan tanah longsor yang terjadi di area pemukiman. Oleh karena itu, tingkat ancaman diperoleh dari perbandingan antara indeks bahaya dengan indeks penduduk terpapar. Pada tahap selanjutnya, tingkat kerugian diperoleh dari perbandingan antara tingkat ancaman dengan indeks kerugian. Tingkat kerugian menunjukkan wilayah yang memiliki indeks kerugian tinggi di wilayah dengan tingkat ancaman sedang dan tinggi. Pengkajian risiko bencana di Indonesia dilaksanakan dengan mengkaji dan memetakan tingkat ancaman, tingkat kerentanan dan tingkat kapasitas berdasarkan indeks ancaman, indeks penduduk terpapar, indeks kerugian dan indeks kapasitas. Secara skematis pengelolaan risiko bencana di Indonesia dapat dilihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Metode Pengkajian Risiko Bencana di Indonesia

Sumber: IRBI, 2018; Perka BNPB No. 12 Tahun 2012.

Kajian risiko dan pemetaan risiko menghasilkan tingkat risiko dan peta risiko untuk setiap bencana yang ada pada suatu daerah. Komponen bahaya ditentukan melalui analisis probabilitas (peluang kejadian) dan intensitas (besarnya kejadian). Komponen kerentanan dihitung berdasarkan empat parameter yaitu kerentanan sosial (penduduk terpapar), kerentanan ekonomi (kerugian lahan produktif), kerentanan fisik (kerugian akibat kerusakan rumah dan bangunan), dan kerentanan lingkungan (kerusakan lingkungan). Terakhir, komponen kapasitas ditentukan menggunakan dua parameter yaitu ketahanan daerah (sektor pemerintah) dan kesiapsiagaan masyarakat (sektor masyarakat). Hasil penggabungan ketiga komponen tersebut menghasilkan indeks risiko bencana yang memberikan informasi mengenai perbandingan antara besarnya potensi ancaman, kerentanan dan kapasitas daerah dalam menghadapi bencana, sehingga secara umum indeks risiko menjadi tolak ukur kemampuan daerah dalam mengurangi dampak dari kerugian yang timbul akibat bencana.

Pengelolaan risiko bencana yang dikembangkan di Indonesia oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dalam mengurangi resiko bencana (risk) adalah dengan meningkatkan kapasitas yakni dengan meningkatkan ketahanan daerah (resilience). Menurut BNPN (2015) dengan asumsi bahwa bahaya atau ancaman bencana dan kerentanan di daerah relatif tidak berubah, maka Indeks Ketahanan Daerah (IKD) merupakan instrumen untuk mengukur kapasitas daerah melakukan monitoring dan evaluasi naik dan turunnya Indeks Resiko Bencana (IRBI) suatu kabupaten/kota. Dari pengukuran IKD, maka setiap kabupaten /kota di Indonesia mampu mengetahui apa saja upaya yang sudah

dilakukan dan langkah tindak lanjut yang perlu dilakukan untuk menurunkan risiko. Kapasitas daerah merupakan salah satu dasar untuk upaya pengurangan risiko bencana. Penilaian kapasitas untuk tingkat provinsi/kabupaten/ kota dilihat dari kapasitas masing-masing daerah. Kapasitas daerah tersebut berlaku sama untuk seluruh bencana. Hal ini disebabkan karena difokuskan kepada institusi pemerintah di kawasan kajian sehingga indeks kapasitas dibedakan berdasarkan kawasan administrasi kajian. Penilaian kapasitas daerah mengacu kepada Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 03 Tahun 2012 tentang Panduan Penilaian Kapasitas Daerah dalam Penanggulangan Bencana.

3. Permasalahan Kebijakan Pengurangan Risiko Bencana di Indonesia

Penanggulangan Bencana dapat diintegrasikan melalui prioritas pembangunan nasional di dalam RPJMN 2015-2019 dan dilaksanakan sesuai dengan arah kebijakan pembangunan nasional yang tercantum pada poin empat, yaitu yaitu “Meningkatkan Kualitas Lingkungan Hidup, Mitigasi Bencana Alam, dan Penanganan Perubahan Iklim”. Arah kebijakan ini merupakan peningkatan pemantauan kualitas lingkungan hidup, pengendalian pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup, penegakan hukum lingkungan hidup, mengurangi risiko bencana, meningkatkan ketangguhan pemerintah dan masyarakat terhadap bencana, serta memperkuat kapasitas mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Tujuan utama dari pengintegrasian RPB dengan RPJMN adalah untuk menurunkan indeks risiko bencana, karena selama ini Pengurangan Risiko Bencana ini ada pada anggaran yang kecil untuk setiap lembaga dan kementerian. Maka dari itu, agar

efektif, sistem yang terintegrasi diharapkan bisa menurunkan indeks risiko bencana tersebut.

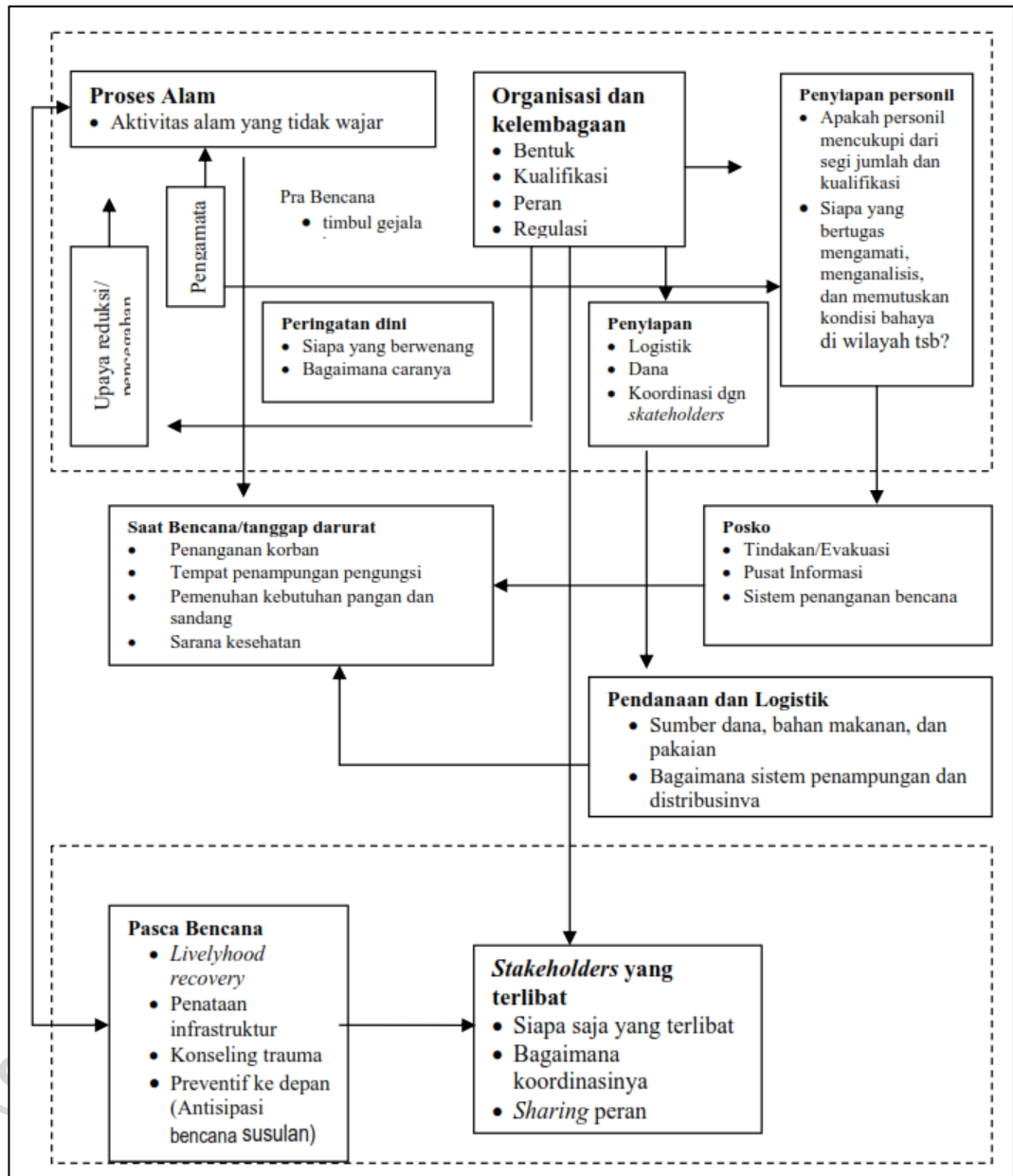
Menurut Sunarti (2019) mengingat luas dan beragamnya jenis dan faktor-faktor yang menyebabkan bencana serta ruang lingkup dan tahapan dalam penanggulangan bencana (seperti tertuang dalam UU No. 24 Tahun 2007), maka dirasakan masih banyak upaya yang perlu dilakukan dalam rangka penanggulangan bencana. Salah satu diantaranya adalah sistem dan manajemen informasi bencana, yang berperan penting dalam prediksi, penyusunan skenario, serta pengambilan keputusan terkait pengurangan resiko bencana. Saat ini beberapa instansi dan institusi telah mengembangkan sistem informasi bencana, namun dengan lingkup terbatas karena disesuaikan dengan TUPOKSI (tugas pokok dan fungsi) institusinya, dan bahkan terkadang mempresentasikan data yang berbeda untuk hal yang sama, sehingga menimbulkan keraguan dan kesulitan dalam pengambilan keputusan.

Hasil kajian menunjukkan masih dirasakannya beragam masalah terkait penanggulangan bencana, diantaranya adalah ketidaksiapan dan keterbatasan SDM di daerah yang terlibat dalam penanggulangan bencana (terutama pada masa tanggap darurat). Demikian juga masih belum lengkapnya prosedur tetap serta berbagai pedoman praktis yang dibutuhkan dalam penanggulangan bencana, baik untuk pencegahan, pada masa tanggap darurat, maupun pada pasca bencana. Rencana pembangunan di daerah berwawasan kebencanaan dapat diwujudkan dengan dibuatnya RAD (Rencana Aksi Daerah) Penanggulangan Bencana yang kemudian diakomodir dalam RENSTRADA berwawasan kebencanaan. Dari

berbagai kasus menunjukkan bahwa kelancaran penanggulangan bencana, khususnya pada masa evakuasi dan tanggap darurat, selain terkait manajemen informasi juga berkaitan dengan manajemen tata ruang, logistik dan transportasi. Peningkatan kesiapsiagaan hendaknya memperhatikan hal tersebut baik melalui pembangunan infrastruktur jalan (lebar, kualitas, beberapa alternatif), depo logistik, bangunan evakuasi, juga sosialisasi mekanisme dan cara menyelamatkan diri serta pengenalan topografi wilayah. Beberapa faktor penting yang menentukan keberhasilan penanganan bencana (khususnya pada masa tanggap darurat) adalah berkaitan dengan aspek kepemimpinan (komitmen, ketegasan) dan modal sosial yang dimiliki masyarakat. Komitmen dan ketegasan pemimpin dalam menegakkan aturan sekaligus kepercayaan dan hubungan baik yang dibangun dengan masyarakat, dapat mempercepat pemulihan akibat bencana. Efektivitas kepemimpinan dalam menggerakkan roda pemerintahan dan pelayanan masyarakat yang sempat lumpuh merupakan tantangan yang perlu disiapkan dan terus menerus dikembangkan di daerah (Sunarti, 2019).

Selanjutnya Sunarti (2019) menyatakan bahwa mengingat sebagian bencana (terutama yang diakibatkan faktor alam) adalah sulit dicegah, sementara Indonesia merupakan wilayah rawan bencana alam, maka efektivitas penanggulangan bencana adalah berupa pengurangan resiko bencana. Sementara itu untuk bencana karena faktor alam yang didalamnya terdapat sumbangan perilaku manusia, juga bencana karena faktor non alam dan bencana karena faktor manusia, maka kebijakan dan program pembangunan berwawasan kebencanaan menjadi pusat dari sistem nasional penanggulangan bencana. Kebijakan dan program

tersebut hendaknya didasarkan hasil kajian pembangunan beresiko bencana. Selebihnya dapat dilihat dalam gambar 7 berikut.



Gambar 7. Kerangka Pengelolaan Bencana di Indonesia

Sumber : Sunarti (2019).

Sementara itu di Provinsi Jawa Tengah, Rencana Aksi Pengurangan Risiko Bencana (PRB) disusun dalam suatu kerangka program yang mengedepankan

aspek-aspek penting yang perlu segera ditangani. Upaya tersebut tersusun di dalam program dan kegiatan yang menjadi prioritas bagi pengurangan risiko bencana. Program – program tersebut disusun berdasarkan kebijakan strategis dan fokus prioritas yang ada di Provinsi Jawa Tengah terkait pengurangan risiko bencana. Tindakan-tindakan pengurangan risiko bencana perlu dilakukan secara bersama dan lintas sektoral agar dalam pelaksanaannya dapat berjalan lebih efektif. Didalam tabel/matrik aksi prioritas penanggulangan bencana berisi program/kegiatan yang akan dilakukan bukan hanya pada tanggap darurat, akan tetapi seluruh aspek yang berkaitan dengan manajemen bencana mulai dari kegiatan yang akan dilakukan ketika pra bencana, tanggap darurat, dan juga pada pasca bencana berupa rehabilitasi dan rekonstruksi bencana.

Studi yang dilakukan oleh Buchori et.al. (2018) dan Maulana & Buchori (2016) menyatakan bahwa komparasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) terhadap resiko bencana rob dan genangan dikatakan sesuai apabila tata guna lahan memiliki upaya untuk meminimalkan intensitas bencana rob dan genangan pada masing-masing fungsi kawasan. Sebaliknya komparasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) terhadap resiko bencana rob dan genangan dikatakan tidak sesuai apabila tata guna lahan tidak memiliki upaya untuk meminimalkan intensitas bencana rob dan genangan pada masing-masing fungsi kawasan. Hasil studi terhadap RTRW mengindikasikan kawasan yang memiliki tingkat resiko bencana rob dan genangan di wilayah perencanaan tidak dilengkapi dengan sistem drainase dengan baik, kondisi jalan yang tidak memadai, memiliki kawasan dengan aktivitas perekonomian dan jasa tinggi (pendidikan, peribadatan, perdagangan, industri,

sarana transportasi dan pemukiman padat) dan tidak diimbangi dengan keberadaan daerah resapan air atau ruang terbuka hijau (RTH).

Sementara itu menurut Wiwandari et.al (2018) kerangka kebijakan bencana di Provinsi Jawa Tengah khususnya di Kabupaten Tegal dan Kota Semarang kurang mempertimbangkan aspek jangka panjang dan kerangka kerja yang transformatif. Sebagai besar program ketahanan bencana tidak benar-benar mengatasi akar masalah, dan dalam beberapa kasus telah mengakibatkan strategi maladaptasi. Semua program yang dilaksanakan di kota cenderung bersifat reaktif ketimbang proaktif. Program yang disusun fokus hanya pada masalah yang mendesak tanpa mempertimbangkan hal - hal yang lebih holistik serta memperhatikan berbagai potensi dan masalah di masa depan. Isu lain yang muncul adalah bahwa kebijakan penataan ruang belum mengakomodir kawasan rawan bencana dan perubahan iklim sebagai masalah yang harus ditangani dengan hati-hati. Hal ini ditunjukkan dengan kurangnya kebijakan terkait ketahanan bencana dalam dokumen pembangunan dan perencanaan tata ruang. Meskipun demikian terdapat hal menarik bahwa program untuk mengatasi banjir dan ketahanan bencana sudah dimasukkan dalam perencanaan pembangunan dan tata ruang. Namun demikian implementasinya relatif belum optimal.

D. Pengertian Ketahanan

1. Perkembangan Konsep Ketahanan

Konsep ketahanan (*resilience*) dan ketahanan wilayah/kota (*urban/regional resilience*) terus dikaji melalui perspektif berbagai multidisiplin ilmu; dan hal ini berimplikasi secara praktis pada aspek perencanaan, pembangunan dan

restrukturisasi wilayah/kota (Peng *et al.* , 2017; Wang *et al.* , 2018; Walker, 2011). Secara historis, konsep ketahanan telah digunakan dalam bidang mekanika sejak tahun 1867 (Alexander, 2013). Istilah ketahanan juga diadopsi pada 1950-an dalam psikologi dan lebih banyak lagi di tahun 1970-an di bidang ekologi. Pada 1990-an, konsep ketahanan mulai banyak diterapkan dalam ilmu-ilmu sosial, terutama pada bidang ekonom dan geografi (Adger, 2000). Ketahanan ekologis (*ecological resilience*) adalah konsep pertama muncul - pada tahun 1991 - diikuti oleh ketahanan komunitas (*community resilience*) pada tahun 1992. Ketahanan iklim (*climate resilience*) adalah istilah terbaru yang muncul, baru muncul 2011. Perkembangan terkini adalah munculnya istilah ketahanan sosio-ekologis (*socio-ecological resilience*) yang berkembang dengan cepat dari waktu ke waktu (Wang *et.al.* 2020).

Menurut Peterson *et al.* (1998), Adger *et.al.* (2000) dan Berkes *et al.* (2000) konsep ketahanan ekologi (*ecological resilience*) menekankan pada perubahan iklim sebagai sumber gangguan pada ekosistem secara umum, dan keanekaragaman hayati secara khusus. Konsep ketahanan ekologi berhubungan erat dengan kerentanan, adaptasi dan keberlanjutan. Sementara Adger *et al.*, (2005) Cumming *et al.*, (2006); Plummer and Armitage (2007) menyatakan bahwa ketahanan sosio-ekologis (*socio-ecological resilience*) merupakan konsep mendasar apa itu ketahanan, karena dalam hal ini dilakukan penilaian terhadap kemampuan sistem sosio-ekologi untuk beradaptasi dengan gangguan baik yang bersifat antropogenik atau alamiah, atau kombinasi dari keduanya. Ketahanan masyarakat (*community resilience*) menurut Bruneau *et. al.*, (2003), Cutter *et al.*, (2008), Berkes and Ross

(2013) bersifat sangat kompleks karena berhubungan erat dengan perspektif multidisiplin ilmu yaitu meliputi ilmu lingkungan, ekologi, sumber daya air, kesehatan kerja dan lingkungan masyarakat, geologi, geografi, administrasi publik, dan ilmu sosial lainnya.

Konsep ketahanan (*resilience*) dalam hubungannya dengan aspek keruangan (*space*) dimulai sejak tahun 2000-an dengan munculnya istilah *resilient city* yang dikembangkan oleh *Resilience Alliance* yang mengartikan ketahanan kota sebagai kapasitas untuk menyerap gangguan eksternal guna mempertahankan struktur dan fungsi sistem kota (Alliance, 2007). Sementara untuk konsep ketahanan regional (*regional resilience*) telah berkembang secara bertahap dalam lima tahun terakhir dengan lebih mengedepankan aspek pengembangan wilayah, daya saing, ekologi regional dan sistem sosial (Boschma, 2015; Christopherson et. al., 2010). Ketahanan wilayah dan kota (*urban and regional resilience*) merupakan kemampuan untuk mengantisipasi, mempersiapkan, merespons perubahan dan pemulihan yang diakibatkan adanya guncangan yang terjadi pada konteks wilayah/kota dan juga dampak perubahan iklim. Hal ini berhubungan erat dengan tata kelola, jasa ekosistem, infrastruktur hijau, pengurangan risiko, keberlanjutan, kompleksitas, dan kerentanan sistem wilayah/perkotaan (Ernstson et. al., 2010; Wilkinson, 2012).

2. Kerangka Kerja/Mekanisme Ketahanan

Kerangka kerja ketahanan menyatakan secara eksplisit bahwa ketahanan sebagai proses di mana determinannya berubah mengikuti dinamika dalam konteks

sosial, ekonomi, dan lingkungan yang berkembang (Frankenberger & Nelson, 2013a). Terdapat tiga jenis kapasitas: kapasitas penyerapan – kemampuan untuk meminimalkan paparan terhadap guncangan dan tekanan melalui tindakan pencegahan dan strategi penanggulangan yang tepat untuk menghindari dampak negatif yang permanen; kapasitas adaptif – membuat pilihan proaktif dan terinformasi tentang strategi mata pencaharian alternatif berdasarkan pemahaman tentang kondisi yang berubah; dan kapasitas transformatif – mekanisme, pemerintahan kebijakan/regulasi, infrastruktur, jaringan komunitas, dan sosial formal dan informal mekanisme perlindungan yang merupakan lingkungan yang memungkinkan untuk perubahan sistemik. Selebihnya dapat dilihat dalam gambar 8 berikut.

Figure 1: Key capacities for achieving resilience



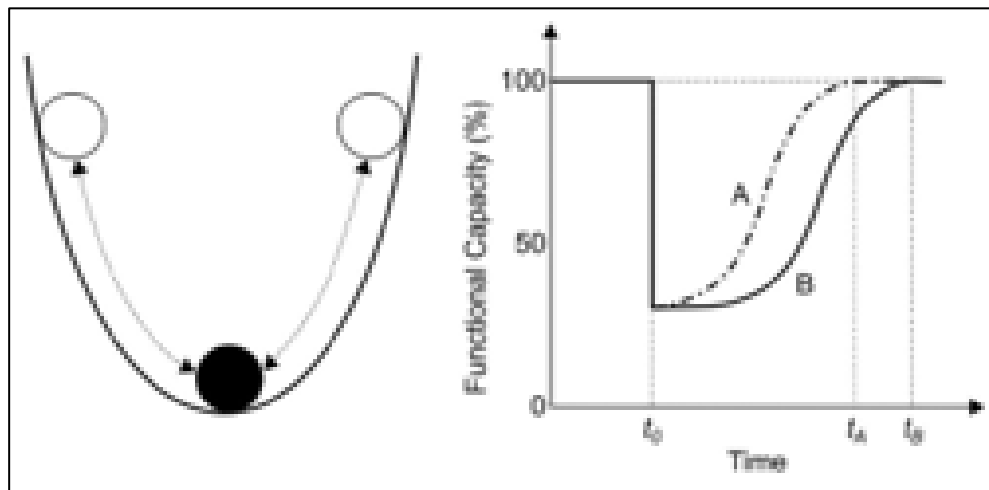
Reproduced with permission from Bené et al. (2012). Resilience: new utopia or new tyranny? Reflection about the potentials and limits of the concept of resilience in relation to vulnerability reduction programmes. IDS Working Paper, (2012) (405, 21)

Gambar 8. Kapasitas dan ketahanan menurut Bene.et.al.

Sumber : Bene *et al.* (2012)

Dalam pandangan Disse et.al. (2020) Ketahanan ekologis menggambarkan bagaimana sistem yang kompleks terus berlanjut berfungsi setelah mengalami

gangguan, yaitu dengan kemampuan untuk mengubah keadaan kesetimbangan. Seperti di bidang teknik, ketahanan ekologis menggambarkan bagaimana sistem menyerap guncangan.

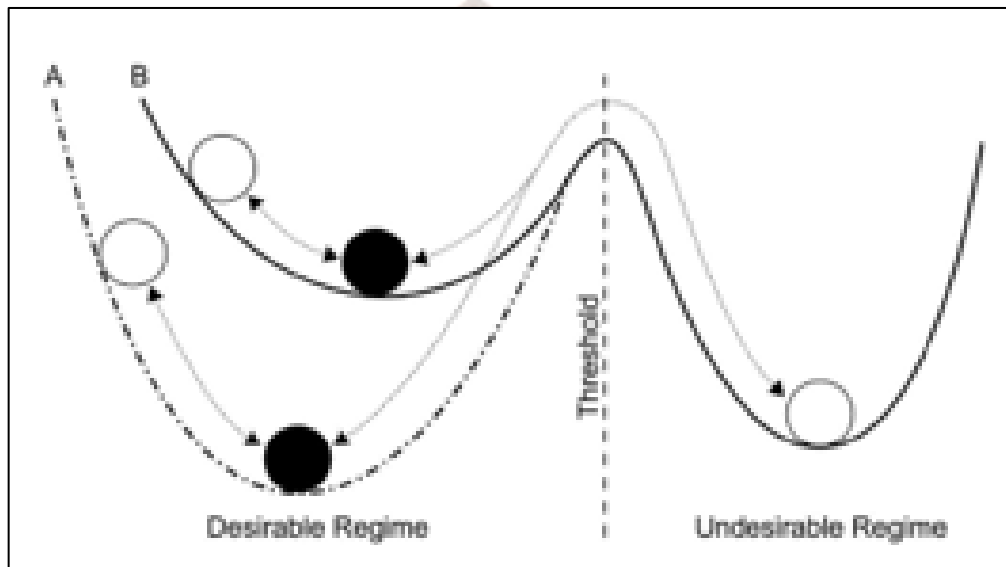


Gambar 9. Mekanisme ketahanan ekologis (*ecological resilience*) menurut Disse.et.al. (2020)

Sumber : Disse et.al. (2020)

Skema di atas menggambarkan berfungsinya ketahanan ekologis. Ketika sistem mengalami stres, awalnya berfungsi seperti model rekayasa ketahanan karena menolak perubahan keadaan. Kalau stres atau syok yang diterima relatif kecil, maka sistem kemungkinan akan kembali ke keadaan fungsi awal setelah jangka waktu tertentu. Selanjutnya Disse et.al. (2020) juga menjelaskan bahwa ketahanan sosio-ekologis (*social-ecological resilience*) sebagai kemampuan suatu sistem untuk menyesuaikan dengan mempertahankan fungsionalitas ketika mengalami gangguan. Ketika masyarakat mengalami peristiwa banjir yang ekstrem, tidak mungkin untuk kembali ke keadaan kondisi sebelum peristiwa. Sebaliknya, masyarakat melakukan adaptasi guna memperbaiki kondisi dan mencegah keadaan

yang lebih parah karena disebabkan terjadinya banjir lagi. Adaptasi penting dilakukan untuk membuat penyesuaian setelah peristiwa banjir serta untuk lebih mempersiapkan banjir di masa depan. Selengkapnya dapat dilihat pada gambar 9 dan 10.



Gambar 10. Mekanisme ketahanan sosio – ekologis

Sumber : Disse et.al. (2020)

3. Pengertian Ketahanan Bencana (*Disaster Resilience*)

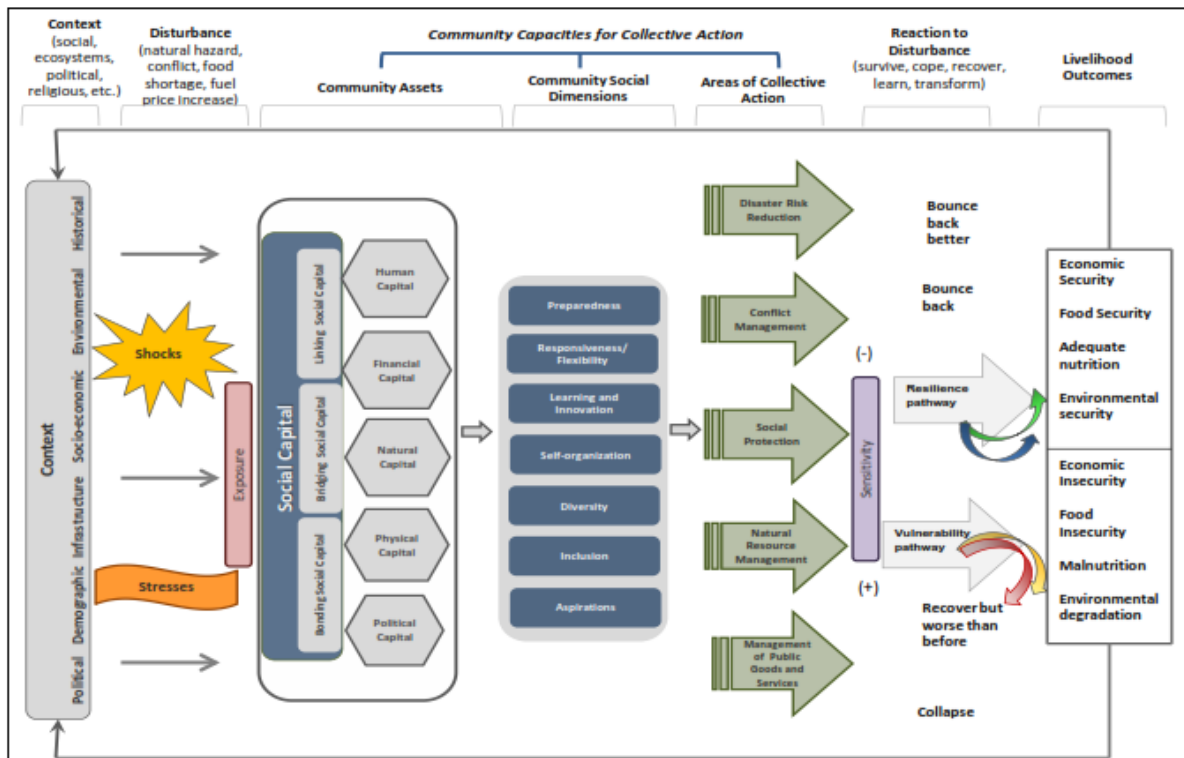
Yang dimaksud dengan ketahanan terhadap bencana (*disaster resilience*) adalah kemampuan mempertahankan kondisi kembali ke keadaan normal setelah menghadapi bencana. Mengingat bahwa bencana menyebabkan gangguan dan bersifat merusak maka perlu dilakukan mekanisme ketahanan di setiap tahapan terjadinya bencana (pra-bencana, saat bencana dan pasca bencana). Mekanisme yang diterapkan di tahap pra-bencana sifatnya pro-aktif dengan mengembangkan berbagai alternatif tindakan untuk mengatasi kegagalan sistem penanggulangan bencana. Sementara mekanisme saat bencana dengan melakukan evakuasi terhadap

masyarakat saat sistem peringatan dini diinfokan. Terakhir pasca bencana dilakukan mekanisme reaktif dengan melakukan kegiatan rehabilitasi dan konstruksi terhadap sistem yang mengalami kerusakan akibat bencana tersebut (A. Kott et.al , 2016); J.P.G. Sterbenz , 2010 dan J. Rak, 2020).

4. Pengertian Ketahanan Masyarakat (*Community Resilience*)

Membangun ketahanan masyarakat membutuhkan pendekatan terpadu guna meningkatkan kapasitas masyarakat dalam melakukan aksi kolektif di bidang pengurangan risiko bencana, mitigasi konflik, perlindungan sosial, alam pengelolaan sumber daya, dan pengelolaan barang dan jasa publik. Hal ini selain dipengaruhi oleh kapasitas internal komunitas tetapi juga oleh faktor eksternal. Selain itu kerangka ketahanan komunitas harus dirancang dengan memperhatikan keterkaitan dengan sistem yang lebih luas. Ketahanan masyarakat harus mencerminkan bahwa individu, rumah tangga, dan komunitas membentuk hierarki ketergantungan skalar yang saling terkait: individu melakukan kegiatan di dalam rumah tangga yang ada di dalam masyarakat, yang pada gilirannya beroperasi dalam unit pemerintahan yang lebih besar seperti kabupaten, departemen, wilayah (Barrett & Conostas, 2012). Rumah tangga dapat mencapai ketahanan sendiri, tetapi relatif bersifat terbatas jika kebijakan dan program peningkatan ketahanan tidak didukung kelembagaan dan pemerintah lokal seperti penyediaan infrastruktur yang berkualitas, serta akuntabilitas dan daya tanggap pemerintah. Selengkapnya dapat dilihat pada gambar 11 berikut.

Figure 2: Conceptual framework for community resilience



Source: Adapted from Frankenberger et al. (2012), DFID (2011a), TANGO (2008), and CARE (2002).

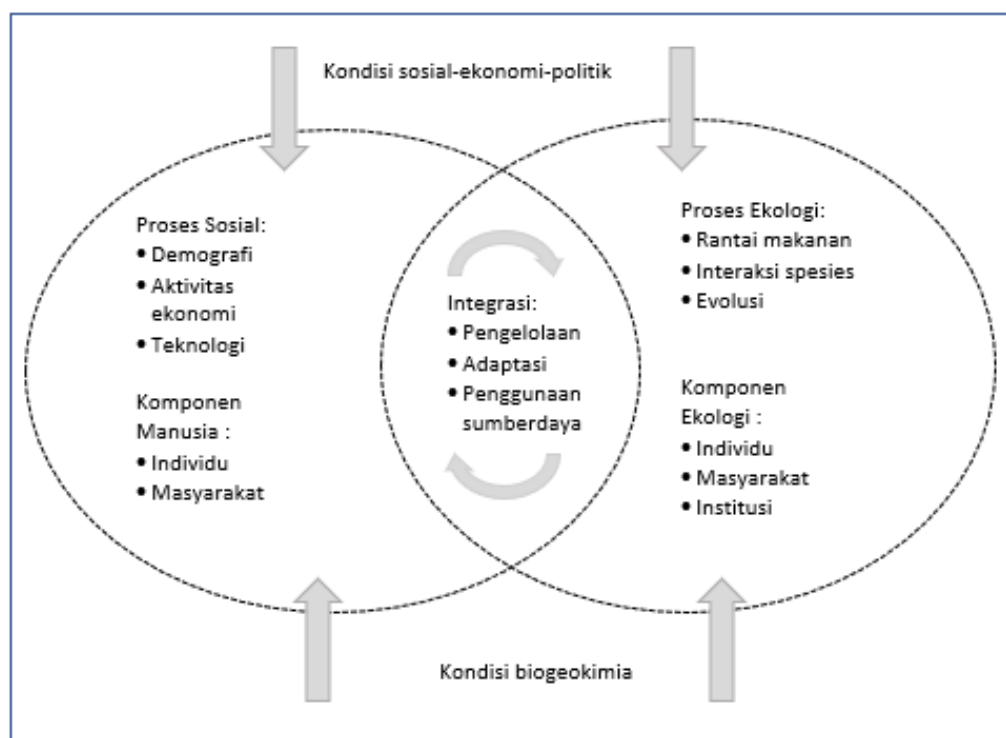
Gambar 11. Kerangka Ketahanan Masyarakat (*Community Resilience*)

Sumber : Fransberger (2012)

5. Paradigma Pembangunan Melalui Pendekatan *Social-Ecological Systems* (SES)

Virapongse *et al.* (2016) menyatakan bahwa lingkungan dipandang sebagai sistem terbuka yang terdiri dari berbagai proses dan komponen ekologi dan sosial, bioma, manusia dan makhluk lainnya. Sebagai sistem terbuka, maka proses dan interaksi SES dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kondisi politik, ekonomi, ekonomi serta kondisi biogeokimia pada skala temporal dan spasial yang berbeda. Dalam SES, konsep ketahanan (*resilience*) dan transdisipliner digunakan sebagai kerangka kerja integrasi antara proses sosial dan ekologi. Ketahanan mengacu pada

kapasitas sistem untuk mengatasi gangguan dengan mempertahankan fungsi esensial, struktur, dan identitas (Holling, 1973). Selanjutnya Carpenter et.al., (2001), Folke (2006) dan Chelleri (2012) menyatakan bahwa aspek gangguan dalam konsep ketahanan tidak senantiasa berkonotasi negatif, karena suatu sistem yang terdistorsi (mengalami gangguan seperti bencana alam) dituntut untuk terus berkembang dan beradaptasi dengan sehingga tercipta berbagai ide inovasi, proses pembelajaran, dan perubahan ke arah yang lebih baik. Selengkapnya dapat dilihat pada gambar 12 berikut.



Gambar 12. Kerangka *Social-Ecological Systems*

Sumber : Virapongse *et al.* (2016)

Konsep transdisipliner bertujuan untuk mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu (seperti ekonomi, sosial, lingkungan, biologi, kesehatan dan rekayasa) melalui

mekanisme kolaboratif dan sistemik guna mengkaji dan memecahkan berbagai masalah dalam pengelolaan lingkungan secara komprehensif dan holistik (Tress and Fry, 2005); (Pohl, 2005) ; (Schensul, Nastasi and Verma, 2006). Terdapat berbagai faktor kunci yang diperlukan dalam mengimplementasikan kebijakan pembangunan wilayah kota berbasis SES. Polasky *et al.* (2011) berpendapat faktor faktor tersebut adalah sebagai berikut : Pertama, perlunya cara pandang secara sistemik. Dengan pendekatan sistemik maka suatu kasus dilihat sebagai suatu sistem yang saling berhubungan dari aspek temporal, spasial, sektoral dan kelembagaan serta menyangkut aspek yang lebih luas seperti perubahan lingkungan dan globalisasi. Selain itu kebutuhan dan perspektif pemangku kepentingan yang berbeda perlu diintegrasikan guna memberika gambaran komprehensif dari suatu kasus/masalah yang terjadi pada wilayah-kota. Kedua, diperlukannya pendekatan transdisipliner guna menyelesaikan ketidaksesuaian cara pandang yang terjadi antar lembaga, sektor dan skala permasalahan .

Hal senada dikemukakan oleh Karpouzoglou, Dewulf dan Clark (2016) yang menyatakan bahwa aspek tata kelola sangat penting untuk mendukung implementasi kebijakan SES; di mana individu, kelompok, dan lembaga kunci terhubung bersama di berbagai tingkat organisasi untuk membuat keputusan dan berbagi kekuasaan. Faktor lain yang tidak kalah penting adalah perlunya sistem pemantauan yang konsisten guna mengumpulkan data yang dapat diandalkan untuk menilai keberhasilan implementasi kebijakan SES. Standar pemantauan juga harus mempertimbangkan berbagai sektor secara holistik, sehingga pemantauan yang

dilakukan akan dapat menghasilkan yang informatif yang komprehensif untuk mendukung ketahanan wilayah-kota (Cumming *et al.*, 2005).

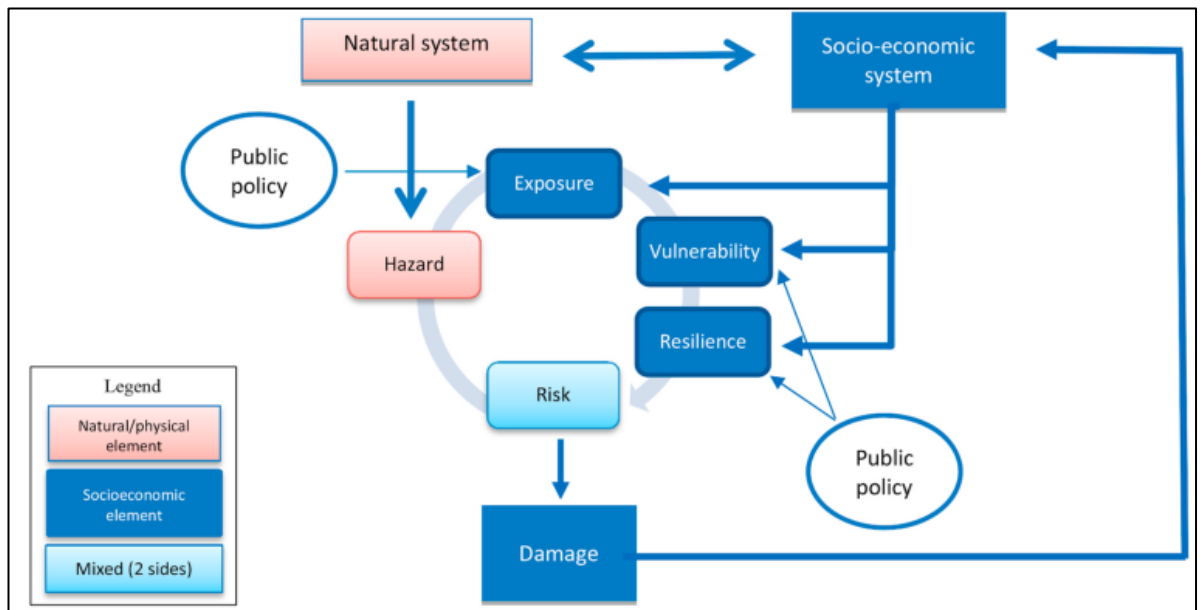
Huck *et.al.* (2020) mengemukakan bahwa terdapat beberapa faktor yang menjadi tantangan implementasi SES dalam kebijakan pembangunan wilayah-kota. Adapun faktor tersebut meliputi aspek komitmen politik, tata kelola dan kelembagaan. Hasil penelitian di kota Rotterdam dan Christchurch menunjukkan bahwa komitmen politiknya lebih fokus pada isu pertumbuhan ekonomi dibandingkan isu ketahanan sosial-ekologi (SES). Kurangnya komitmen politik berimplikasi terhadap kurangnya pendanaan bagi kebijakan SES sehingga implementasi SES yang sifatnya lintas sektoral menjadi kurang optimal. Untuk aspek kelembagaan terdapat permasalahan terkait sinergitas para pihak pemangku kepentingan; adanya tumpang tindih dalam yuridiksi teritorial (misalnya, antara pemerintah pusat-daerah) serta tidak optimalnya interaksi antar sektor lembaga pemerintah (misalnya antara lembaga pemerintah di bidang ekonomi dan lingkungan (Therrien *et al.*, 2021; Baird *et al.*, 2019).

Isu dan permasalahan lainnya dikemukakan oleh Shamout *et.al.* (2021) terkait rencana aksi. Meskipun pemerintah telah menyadari bahwa isu lingkungan dan perubahan iklim merupakan hal yang penting dan menjadi wacana dalam penyusunan berbagai kebijakan. Namun demikian pengembangan kerangka kerja praktis, rencana aksi dan implementasi relatif tidak optimal sebagaimana yang diharapkan.

6. Kerangka Kebijakan Ketahanan Bencana Berdasarkan Perspektif *Social-Ecological Systems* (SES)

Modica dan Zoboli (2021) menyusun kerangka kerja ketahanan wilayah terhadap bencana alam berdasarkan pendekatan sosio-ekologis. Sistem sosial ekonomi dan faktornya dalam masyarakat lokal mempunyai keterkaitan yang kuat bahkan menyatu dengan alam/lingkungan. Hal ini dikarenakan aktivitas manusia sangat bergantung pada sistem alam/lingkungan dan bersifat saling pengaruh mempengaruhi terhadap kehidupan manusia. Hubungan antara aspek alam/lingkungan dan sosial-ekonomi dalam kerangka ketahanan terhadap bencana alam dapat dilihat pada Gambar 13 berikut. Dalam gambar tersebut faktor yang dianalisis meliputi 3 hal pokok, yaitu: (i) faktor-faktor yang hanya terkait dengan aspek alam/fisik; (ii) faktor-faktor yang hanya terkait dengan sistem sosial ekonomi; (iii) faktor-faktor yang berasal dari interaksi antara sistem alam dan sistem sosial ekonomi.

Secara umum, aspek bahaya (*hazard*) berhubungan langsung dengan sistem alam (*Natural System*), dan juga dipengaruhi secara tidak langsung oleh sistem sosial-ekonomi (*Socio-Economic System*) melalui kontribusi antropogenik terhadap pemanasan global yang mengakibatkan terjadinya bencana alam. Sebaliknya, keterpaparan (*Exposure*), kerentanan (*Vulnerability*), dan ketahanan (*Resilience*) terkait dengan karakteristik sosial ekonomi daerah yang dianalisis. Akhirnya, risiko (*risk*) berhubungan dengan antara sistem alam dan sistem sosial ekonomi. Selengkapnya dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 13. Kerangka kebijakan ketahanan bencana alam berdasarkan *Social-Ecological Systems* (SES)

Sumber : Marin et.al. (2021)

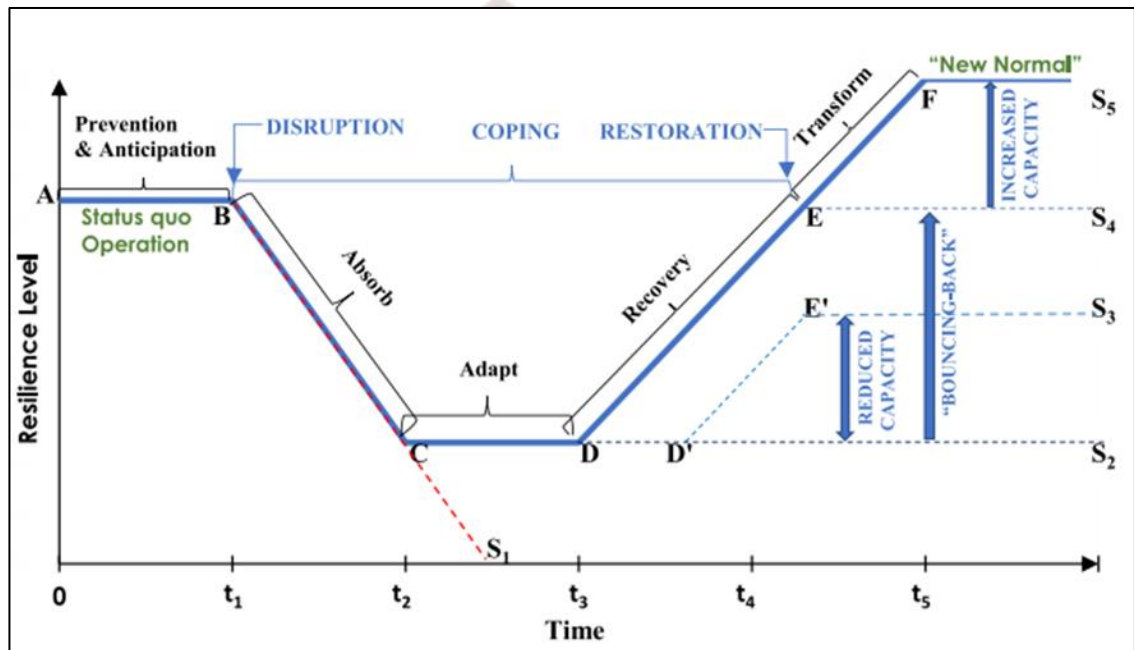
Menurut Marin et.al. (2021), model ketahanan wilayah berbasis sosio-ekologis (SES) dilakukan menggabungkan semua komponen sebagaimana persamaan berikut : $R_{ij} = f(H_{ij}, E_i, V_i, Res_i)$; di mana H_{ij} adalah tingkat bahaya bencana alam (*hazard*) di wilayah i dan bahaya j , E_i adalah paparan sosial ekonomi (*exposure*), V_i adalah kerentanan sosial ekonomi (*vulnerability*), dan Res_i adalah ketahanan sosial ekonomi (*resilience*). Bahaya (*hazard*) dalam hal ini adalah peristiwa alam yang menjadikan terjadinya perubahan sosio-ekologis pada suatu wilayah atau masyarakat. Keterpaparan (*Exposure*) didefinisikan sebagai semua aset dan masyarakat yang dapat dirugikan oleh bencana alam; meliputi komponen fisik dan sosial ekonomi. Kerentanan (*vulnerability*) didefinisikan sebagai semua karakteristik bawaan dari yang terpapar berupa objek/area yang menciptakan potensi bahaya.

Ketahanan (*resilience*) adalah kemampuan sistem untuk pulih atau beradaptasi sehingga dampak gangguan yang mempengaruhi sistem menjadi berkurang. Risiko bencana (*risk*), menurut interpretasi *ex-ante* dan restriktif adalah hasil interaksi antara bahaya suatu peristiwa alam dengan unsur-unsur yang terpapar bahaya dan kerentanannya. Dari persamaan di atas maka dapat dikatakan bahwa jika setidaknya salah satu dari variabel sangat rendah yang berarti tingkat ketahanannya tinggi, maka tingkat bahaya bencana alam tidak terlalu menimbulkan risiko. Demikian pula, jika tidak ada paparan (E) maka tingkat risiko (R) akan relatif rendah, berapapun tingkat bahaya (H), kerentanan (V) dan ketahanannya (Res). Akhirnya, selama pengukuran kerentanan (V) dan ketahanan (Res) dilakukan secara tepat, maka tingkat risikonya menjadi rendah dengan tingkat ketahanan tinggi dan/atau kerentanan rendah, meskipun tingkat bahaya dan keterpaparan tinggi. Hal ini dikarenakan wilayah tersebut tidak akan banyak terpengaruh oleh bencana alam karena wilayah tersebut tidak rentan bencana (kerentanan wilayahnya rendah) dan/atau dapat segera pulih dari kemungkinan kerusakan (ketahanan wilayahnya tinggi).

E. Kerangka Kerja Proses Ketahanan Bencana Alam Menurut Berbagai Teori

Menurut Mujjuni et.al. (2021) definisi ketahanan dapat diklasifikasikan secara luas dalam dua kategori: ontologis dan fungsional. Dari aspek ontologis mendeskriptifkan ketahanan sebagai jumlah dan ukuran. Sementara dari dimensi fungsional maka ketahanan umumnya disebut sebagai 'kemampuan' atau 'kapasitas'. Kapasitas menunjukkan fase respons entitas terhadap gangguan/bencana yang

meliputi sebelum bencana, selama terjadinya bencana dan pasca bencana. Kapasitas ketahanan meliputi pencegahan, antisipasi, penyerapan, adaptasi, pemulihan dan transformasi. Gambar 14 berikut mengilustrasikan aplikasi generik kapasitas sistem terhadap gangguan/bencana yang mengarah ke 5 kemungkinan *outcome*.



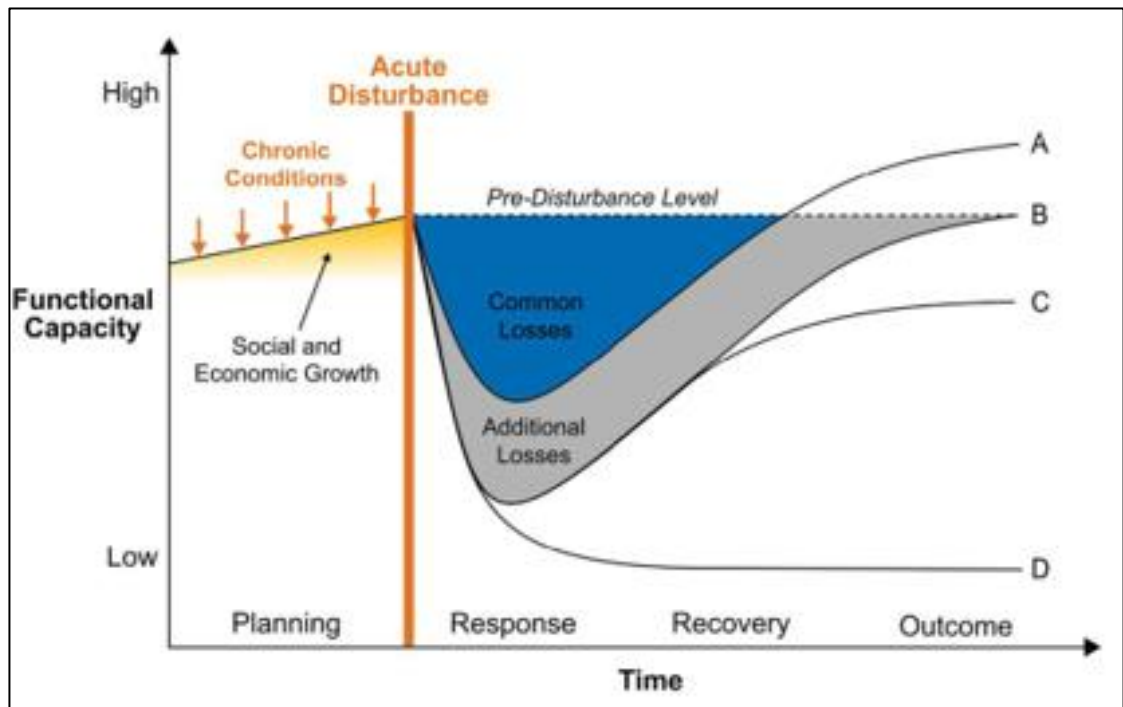
Gambar 14. Kerangka kapasitas sistem ketahanan bencana menurut Mujjuni et.al

Sumber : Mujjuni et.al. (2021)

Gambar di atas menggambarkan kemungkinan *outcome* yang dihasilkan oleh sistem ketahanan. Terdapat 5 kemungkinan *outcome* yang dapat dihasilkan dari sistem ketahanan (Mujjuni et.al., 2021). Jika garis A-B menggambarkan kondisi sebelum terjadinya gangguan (pra-bencana/gangguan) dan titik B merupakan awal terjadinya gangguan/bencana, maka 5 *outcome* yang dapat terjadi adalah sebagai berikut:

- a. Garis BS_1 : menggambarkan sistem yang tidak mempunyai ketahanan terhadap gangguan dan pada akhirnya membawa sistem pada titik terendah.
- b. Garis $B-C-D-S_2$: sistem mampu menyerap dan beradaptasi terhadap gangguan tetapi tidak dapat pulih.
- c. Garis $B-C-D-S_3$: sistem memulai pemulihan tetapi tidak pernah mencapai kondisi seperti kondisi sebelum bencana (pra-bencana/gangguan).
- d. Garis $B-C-D-E-S_4$: sistem dipulihkan tetapi masih ditandai dengan kerentanan sebagaimana sebelum bencana (pra-bencana/gangguan)..
- e. Garis $B-C-D-E-F-S_5$: sistem mampu berubah yang mengarah pada peningkatan fungsionalitas dan ketangguhan.

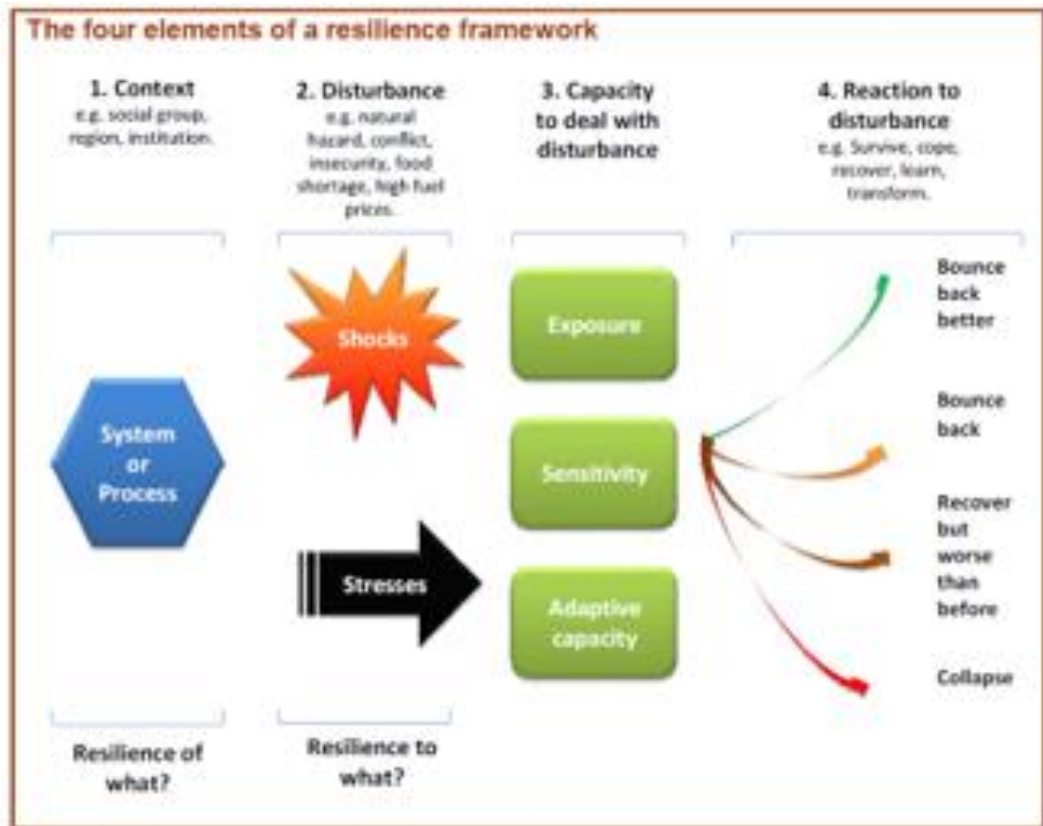
Sementara itu Disse et.al. (2020) mengkaji sistem ketahanan dengan menggabungkan atribut teknik dan ketahanan sosial-ekologis. Menurut gambar 15 maka Kapasitas fungsional (sumbu vertikal) tidak dibatasi nilai maksimum. Argumennya adalah karena karakteristik masyarakat yang bersifat dinamis dan terus berkembang dari waktu ke waktu sehingga tidak dibatasi nilai maksimum. Gambar di atas juga mengkaji manfaat langsung dan tambahan dari sistem ketahanan yang mampu menghasilkan keuntungan sosial dan ekonomi. Selain itu, ini model ini juga menyediakan beberapa hasil yakni Garis A, B, C dan D yang mana masing-masing merepresentasikan keadaan ekuilibrium pasca terjadinya guncangan/bencana.



Gambar 15. Kerangka kapasitas sistem ketahanan bencana menurut Disse et.al

Sumber : Disse et.al. (2021)

Ketahanan bencana telah digambarkan sebagai hasil (*outcome*) dan proses (Manyena, 2006). Praktik sistem ketahanan bencana yang berfokus pada hasil cenderung mengadopsi pendekatan reaktif *top-down* yang lebih bersifat status quo dan lebih fokus terhadap ketidakstabilan sistem yang diakibatkan terjadinya bencana. Sementara untuk kerangka sistem yang bertumpu pada proses, maka membangun ketahanan bencana melibatkan dukungan kapasitas individu, masyarakat dan negara guna melakukan adaptasi melalui pemanfaatan aset dan sumber daya dalam sistem. (Manyena, 2006). Gambar 16 berikut menggambarkan kapasitas sistem ketahanan bencana yang bertumpu pada proses (*process*) dan hasil (*outcome*). Gambar di bawah ini menunjukkan kerangka kerja ketahanan bencana ditinjau dari aspek proses dan *outcome*.



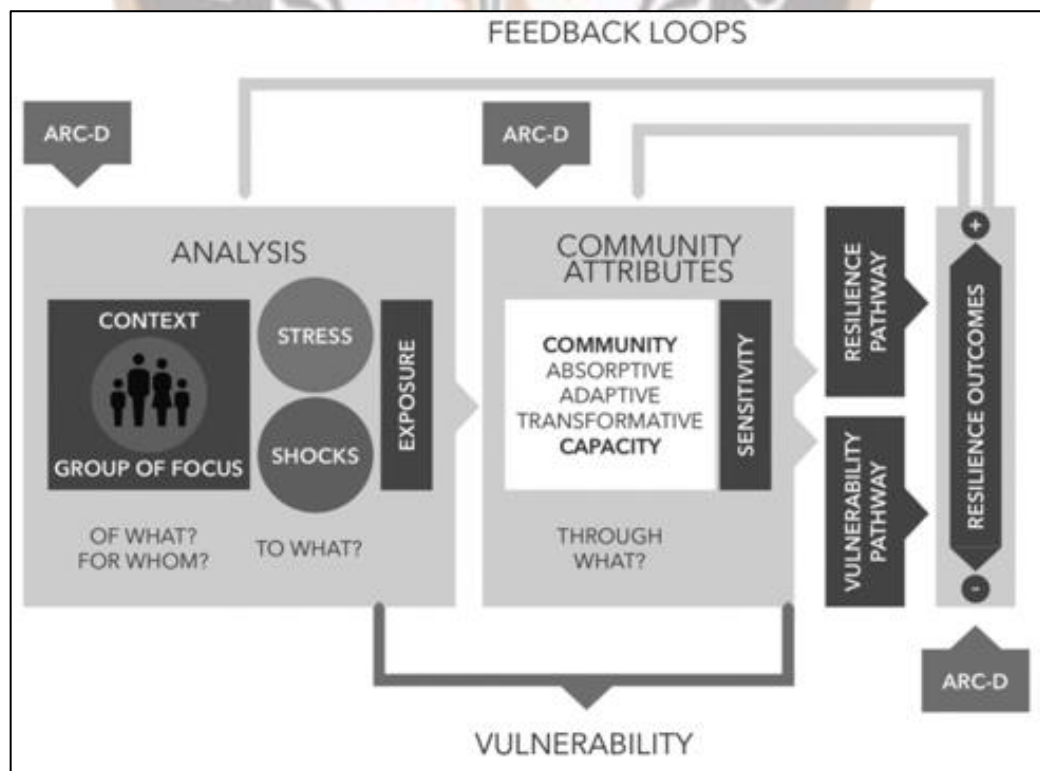
Gambar 16. Kerangka kapasitas sistem ketahanan bencana ditinjau dari aspek proses (*process*) dan hasil (*outcome*) menurut DFID

Sumber : DFID (2011)

Dalam praktiknya, kerangka kerja DFID di atas menggambarkan elemen inti ketahanan bencana sebagai berikut (1). Konteks: Merupakan konteks di mana ketahanan bencana dibangun meliputi kelompok sosial, sosial-ekonomi atau politik sistem, konteks lingkungan atau institusi. (2).Gangguan: Berupa guncangan (peristiwa mendadak seperti konflik atau bencana) dan / atau tekanan (jangka panjang tren seperti degradasi sumber daya, urbanisasi, atau perubahan iklim) yang ditujukan untuk menjadi tangguh. (3). Kemampuan sistem atau proses untuk mengatasi tekanan yang di mana hal ini tergantung pada paparan (besarnya guncangan atau stres) (4). Sensitivitas (sejauh mana suatu sistem akan dipengaruhi

atau merespon shock atau stres tertentu), dan (5) Kapasitas adaptif yakni kemampuan sistem menyesuaikan terhadap gangguan dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia.

Selanjutnya menurut A. Clark-Ginsberg *et.al.* (2020) mendefinisikan ketahanan masyarakat sebagai kemampuan masyarakat dan rumah tangga dalam sistem yang kompleks untuk mengantisipasi dan beradaptasi dengan risiko; dan untuk menyerap, merespon dan pulih dari guncangan dan tekanan pada waktu yang tepat melalui cara yang efektif tanpa mengorbankan prospek jangka panjang mereka sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan.



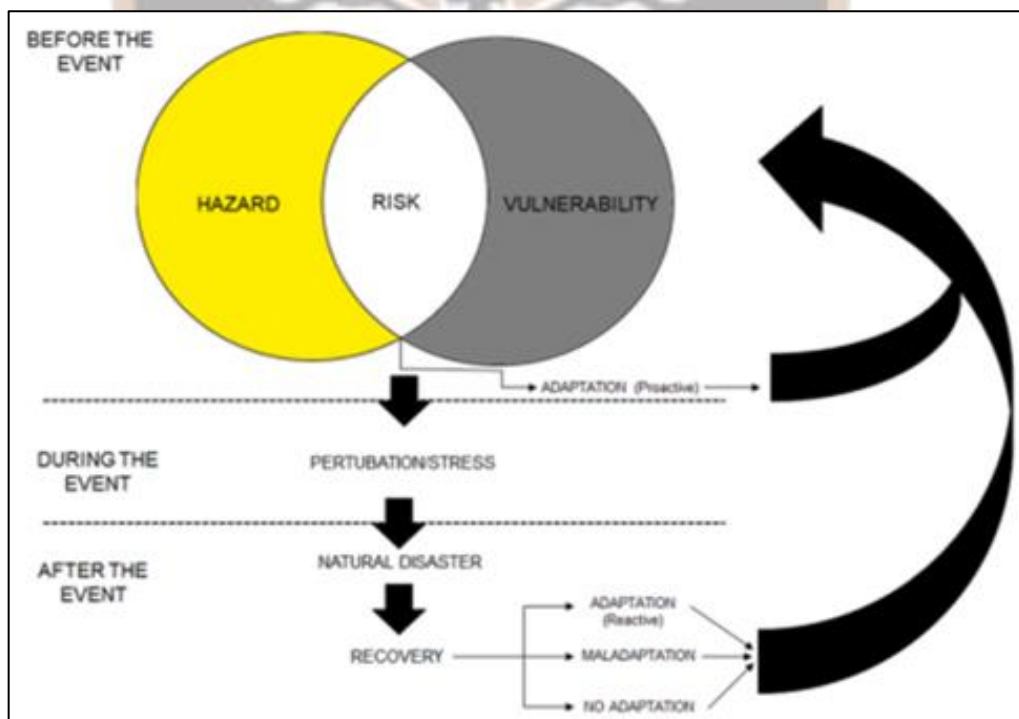
Gambar 17. Kerangka proses sistem ketahanan bencana menurut A. Clark-Ginsberg *et.al.*

Sumber : A. Clark-Ginsberg *et.al.* (2020)

Gambar 17 tersebut menyajikan kerangka konseptual yang mendasari *Analysis of the Resilience of Communities to Disasters* (ARC-D). Kerangka konsep ARC-D ini mengkonseptualisasikan komunitas sebagai kelompok orang yang terhubung dengan sumber daya, kerentanan, paparan, guncangan dan tekanan. Sistem ini beroperasi pada komunitas yaang di dalamnya terdapat inter-aksi delapan sektor sistem yaitu meliputi :(1) pendidikan, (2) ekonomi, (3) lingkungan, (4) kebijakan dan tata kelola, (5) kesehatan, (6) infrastruktur, (7) sosial dan budaya, dan (8) Manajemen risiko bencana. Ketika terjadi guncangan atau tekanan, dampaknya tergantung pada kemampuan sistem tersebut melakukan loop umpan balik yang mempengaruhi sistem tersebut untuk meningkatkan atau mengurangi kerentanan dan ketahanan.

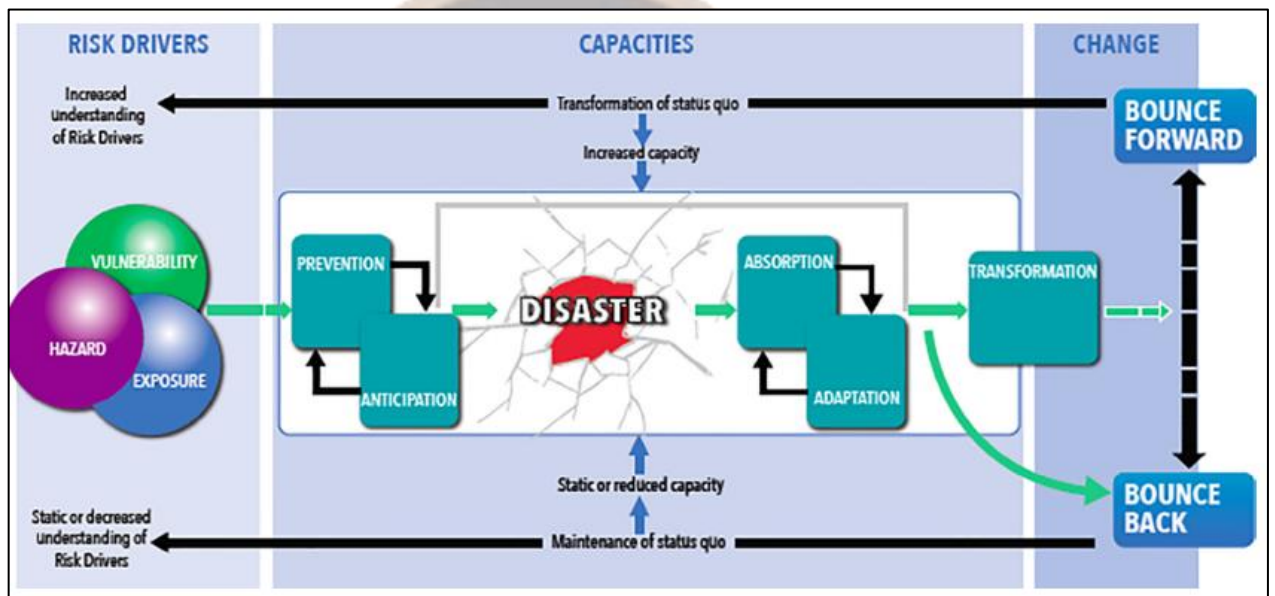
Kerangka ARC-D dapat digunakan untuk mengevaluasi masyarakat terkait upaya peningkatan ketahanan masyarakat. Evaluasi dilakukan terhadap hal berikut: (1) ketahanan untuk siapa ? (*resilience for whom?*) (2) ketahanan terhadap apa ? (*resilience to what ?*) (3) menentukan bagaimana cara meningkatkan ketahanan (*how resilience?*). Pendapat lain dikemukakan oleh Monte (2021) yang mengemukakan kerangka kerja ketahanan berdasarkan 3 tahapan bencana (pra-bencana, saat bencana, pasca bencana). Pertanyaan pertama adalah: "Untuk risiko apa masyarakat seharusnya siap menghadapi bencana?". Pertanyaan selanjutnya adalah "Berapa probabilitas yang dapat diterima? ". Risiko yang dipicu oleh bencana alam akan membutuhkan investasi besar sehingga diperlukan dukungan pembiayaan dan investasi. Mengukur risiko didasarkan pada hubungan antara bahaya dan kerentanan. Beberapa peneliti telah mempertimbangkan definisi risiko

sebagai fungsi bahaya dan kerentanan (formulasinya adalah probabilitas x konsekuensi atau kerugian). Menambahkan aspek kerentanan pada risiko berimplikasi pada keeratan hubungan lingkungan fisik dan sosial sebagai bagian yang tak terpisahkan dalam sistem lingkungan yang kompleks. Dengan demikian menurut pendekatan ini, maka risiko dapat didefinisikan sebagai fungsi antara bahaya dan kerentanan, yang dapat memberikan jawaban mengenai persiapan individu, komunitas, atau sistem dalam menghadapi bencana. Bencana dapat didefinisikan sebagai "materialisasi" risiko. Setelah peristiwa bencana, konsolidasi dan pemulihan pasca-bencana perlu dilakukan. Hal ini dapat menentukan tindakan adaptasi reaktif, maladaptasi, atau sama sekali tidak melakukan adaptasi. Selengkapnya dapat dilihat gambar 18.



Gambar 18. Kerangka proses sistem ketahanan bencana menurut Monte
Sumber : Monte (2021)

Manyena, Machingura dan Keefe (2019) menyatakan kapasitas preventif (mitigasi), antisipatif, absorptif dan adaptif cenderung mempertahankan kondisi awal sebelum bencana. Untuk itu perlu kapasitas transformatif untuk mendorong perubahan sosial dan mengatasi akar penyebab bencana. Kerangka kerja selengkapnya dilihat pada gambar 19 berikut.



Gambar 19. Model Disaster Resilience Integrated Framework for Transformation (DRIFT) menurut Manyena et.al.

Sumber : Manyena, Machingura dan Keefe, 2019.

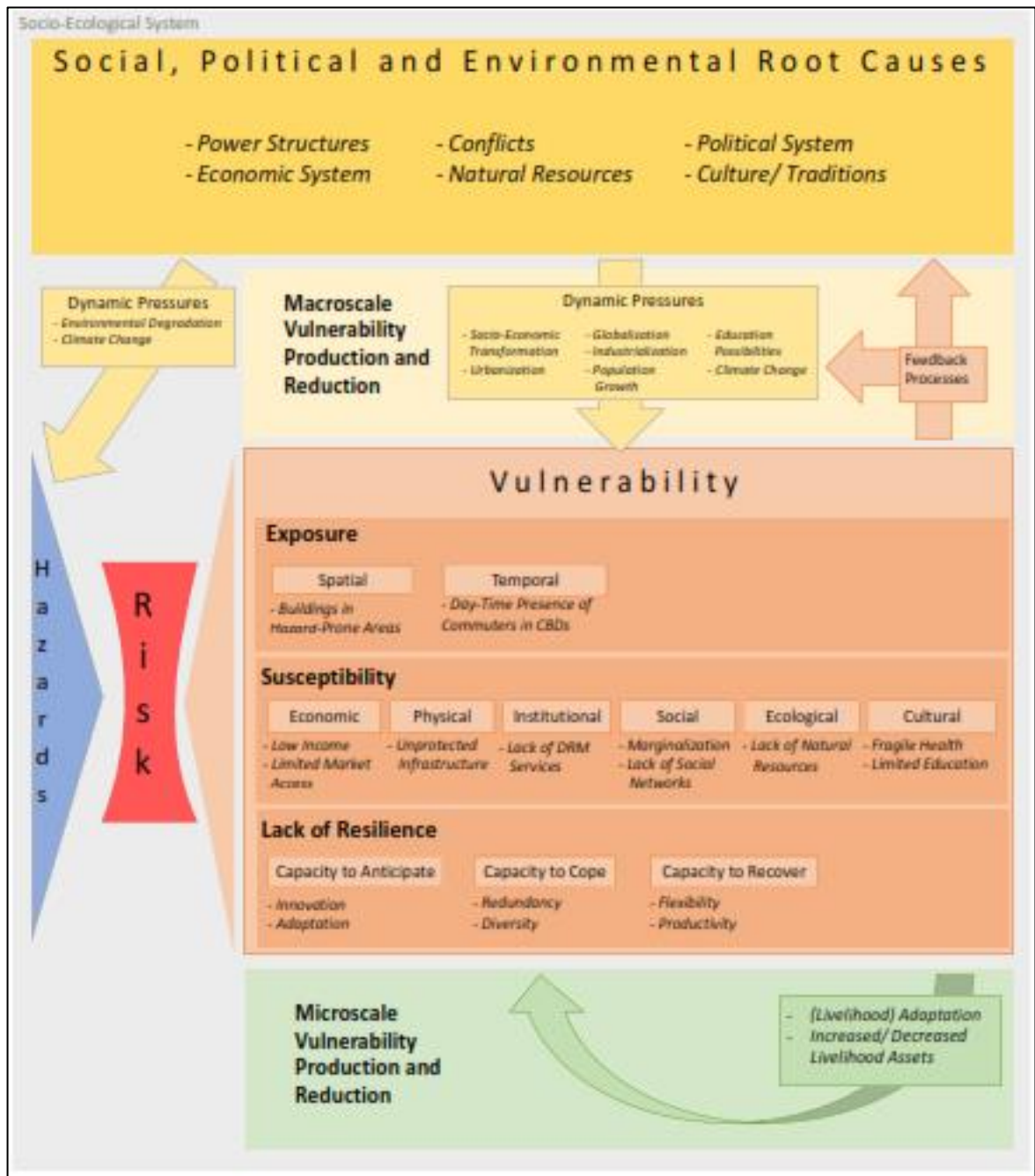
Selanjutnya Manyena, Machingura dan Keefe (2019) menyatakan bahwa terdapat hubungan antara ketahanan dengan resiko. Selengkapnya dituliskan sebagai berikut : “ $Risk = Hazard * Vulnerability/Resilience$ ” . Dari persamaan tersebut dapat dikatakan bahwa ketahanan berbanding terbalik dengan resiko. Sementara resiko berbanding lurus dengan bencana dan kerentanan.

F. Model Ketahanan Bencana Skala Mikro dan Makro

Selanjutnya menurut Enge (2019) yang menyusun kerangka hubungan dinamis antara resiko dan ketahanan dalam skala mikro dan makro menyatakan bahwa aspek ketahanan menjadi komponen penting dalam pengurangan resiko bencana. Aspek ketahanan meliputi *capacity to anticipate*, *cope* dan *recovery*. Selengkapmnya dapat dilihat pada gambar 20 berikut.



SEKOLAH PASCASARJANA



Gambar 20. Model Dinamika Risiko & Ketahanan Bencana Skala Makro dan Mikro
Sumber: Enge (2019).

G. Perbandingan Model Ketahanan Bencana dan Pengelolaan Bencana di Indonesia

Persamaan utama dari berbagai model ketahanan maka disimpulkan bahwa ketahanan selalu dipandang sebagai kapasitas sistem (individu, komunitas, wilayah) untuk menghadapi gangguan/bencana. Hampir semua model membedakan fase sebelum/prabencana, saat bencana, dan pasca bencana (walaupun dengan istilah berbeda). Sebagian besar mengakui bahwa ketahanan tidak hanya sekadar “kembali ke keadaan awal” (*bounce back*), tetapi bisa juga beradaptasi atau bertransformasi ke kondisi yang lebih baik (*bounce forward*).

Dari model tersebut jika dikaji dari *prosedural arrangement*, maka dapat dikaji perbandingan secara metodologis adalah sebagai berikut:

- Untuk analisis tingkat makro (provinsi/nasional), kerangka SES dari Marin et al. (2021) lebih mudah dioperasionalkan karena variabel (H, E, V, Res) dapat diukur dengan data sekunder (peta bahaya, kepadatan penduduk, PDRB, dll.).
- Untuk analisis tingkat mikro (desa/kelurahan), kerangka ARC-D dari Clark-Ginsberg (2020) lebih komprehensif karena menyentuh 8 sektor yang relevan dengan kehidupan masyarakat sehari-hari.

Pengelolaan bencana di Indonesia, sebagaimana tertuang dalam UU No. 24 Tahun 2007 dan turunannya, secara normatif mengikuti siklus standar: prabencana (pencegahan, mitigasi, kesiapsiagaan), tanggap darurat, dan pascabencana (rehabilitasi, rekonstruksi). Sementara itu, model-model ketahanan bencana (*disaster resilience*) sebagai berikut – mulai dari pendekatan teknikal Mujjuni,

sosio-ekologis SES, transformatif DRIFT, hingga kerangka masyarakat ARC-D – menawarkan cara pandang yang lebih dinamis, multidimensi, dan berorientasi pada kapasitas sistem untuk bertahan, beradaptasi, bahkan bertransformasi. Berikut hasil perbandingan model ketahanan bencana dengan pengelolaan bencana di Indonesia:

1. Kaji Banding dengan Model Mujjuni et al. (2021:

- **Model Mujjuni** menggambarkan lima kemungkinan *outcome* pasca-bencana: (S1) runtuh total, (S2) menyerap tapi tidak pulih, (S3) pulih sebagian, (S4) pulih ke kondisi awal, (S5) pulih dan meningkat lebih tangguh.
- **Kondisi Indonesia:** Dari berbagai kasus bencana (misal banjir Jakarta, tsunami Aceh, gempa Lombok), Indonesia cenderung berada pada **S3 atau S4**. Pemulihan seringkali hanya mengembalikan kondisi ke keadaan sebelum bencana, tanpa secara signifikan mengurangi kerentanan di masa depan. Bahkan, dalam banyak kasus banjir tahunan, sistem tidak pernah mencapai S5 – tidak ada peningkatan ketangguhan yang berkelanjutan. Sebaliknya, kerentanan sering meningkat karena pembangunan kembali di lokasi yang sama tanpa perbaikan tata ruang.

2. Kaji Banding dengan Model Disse et al. (2020

- **Model Disse** berargumen bahwa kapasitas fungsional ketahanan tidak memiliki batas maksimum karena masyarakat terus berkembang. Artinya, evaluasi ketahanan harus bersifat dinamis, tidak statis.
- **Kondisi Indonesia:** Indeks risiko bencana (IRB) yang dikeluarkan BNPB bersifat tahunan dan cenderung statis. Tidak ada mekanisme yang secara eksplisit mengukur peningkatan kapasitas fungsional dari waktu ke waktu.

Daerah dengan IRB tinggi mungkin tetap tinggi karena tidak ada investasi berkelanjutan pada kapasitas. Indonesia masih menggunakan pendekatan *benchmark* statis (misal: target nasional penurunan indeks risiko), bukan pendekatan dinamis seperti yang disarankan Disse. Akibatnya, daerah yang sudah “tangguh” bisa merasa cukup, padahal ancaman terus meningkat akibat perubahan iklim.

3. Kaji Banding dengan DFID (2011): Proses vs Outcome, Konteks dan Gangguan

- **Model DFID** menekankan bahwa ketahanan adalah hasil interaksi antara konteks, gangguan (guncangan/tekanan), paparan, sensitivitas, dan kapasitas adaptif. Ia membedakan ketahanan sebagai proses dan sebagai *outcome*.
- **Kondisi Indonesia:** Kerangka UU 24/2007 sebenarnya sejalan dengan DFID: ada pengakuan terhadap konteks (sosial, ekonomi, lingkungan), gangguan (bencana alam, perubahan iklim), serta upaya peningkatan kapasitas adaptif melalui pelatihan dan pendidikan. Namun, dalam praktiknya, **proses** membangun ketahanan (misalnya partisipasi masyarakat dalam perencanaan) sering diabaikan, sementara **outcome** (misal jumlah korban jiwa) menjadi satu-satunya indikator keberhasilan.

Secara konseptual, pengelolaan bencana di Indonesia yang berlandaskan Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 dan peraturan pelaksanaannya telah mengikuti siklus standar prabencana, tanggap darurat, dan pascabencana. Namun, ketika dibandingkan dengan berbagai model ketahanan (resilience) yang dikutip dalam tinjauan pustaka, tampak kesenjangan signifikan antara praktik kebijakan

nasional dan prinsip-prinsip ketahanan mutakhir. Model Mujjuni et al. (2021) misalnya menawarkan lima kemungkinan outcome pasca-bencana, dari keruntuhan total (S1) hingga pemulihan yang disertai peningkatan ketangguhan (S5). Dalam praktiknya, penanggulangan bencana di Indonesia umumnya hanya mencapai tingkat S3 atau S4, yaitu pulih sebagian atau kembali ke kondisi awal tanpa perbaikan struktural. Konsep *build back better* yang sering didengungkan lebih bersifat retorika daripada target terukur, sehingga siklus kerentanan terus berulang.

Sementara itu, model Disse et al. (2020) menekankan bahwa kapasitas fungsional ketahanan tidak memiliki batas maksimum karena masyarakat dan lingkungan terus berkembang secara dinamis. Sebaliknya, pengukuran ketahanan di Indonesia melalui Indeks Risiko Bencana (IRBI) yang bersifat tahunan cenderung statis dan tidak mampu menangkap peningkatan kapasitas adaptif dari waktu ke waktu. Daerah dengan IRB tinggi bisa tetap tinggi selama bertahun-tahun karena investasi pada pengurangan risiko tidak berkelanjutan. Padahal, ancaman seperti perubahan iklim terus meningkat, sehingga pendekatan dinamis seperti yang disarankan Disse seharusnya menjadi acuan.

Dari perspektif DFID (2011) yang membedakan ketahanan sebagai proses dan sebagai outcome, Indonesia masih terlalu terfokus pada outcome jangka pendek seperti jumlah korban jiwa atau kerusakan fisik, sementara dimensi proses – misalnya partisipasi masyarakat dalam perencanaan, penguatan kapasitas adaptif jangka panjang, serta penanganan tekanan (*stresses*) seperti urbanisasi dan konversi lahan – kurang mendapat perhatian. Akibatnya, kebijakan cenderung reaktif terhadap guncangan mendadak daripada proaktif terhadap tekanan kronis. Lebih

jauh, model ARC-D dari Clark-Ginsberg et al. (2020) yang mengidentifikasi delapan sektor sistem (pendidikan, ekonomi, lingkungan, tata kelola, kesehatan, infrastruktur, sosial-budaya, dan manajemen risiko) menunjukkan bahwa ketahanan masyarakat hanya mungkin tercapai jika semua sektor berinteraksi secara positif. Di Indonesia, koordinasi lintas sektor masih lemah; setiap kementerian atau dinas cenderung berjalan sendiri-sendiri (silo), sehingga program pengurangan risiko bencana tidak terintegrasi. Contoh nyata adalah Kementerian Pekerjaan Umum membangun infrastruktur pengendali banjir tetapi Kementerian Agraria dan Tata Ruang tetap mengizinkan konversi lahan resapan, sementara BPBD di daerah tidak memiliki kewenangan lintas dinas yang memadai.

Model Monte (2021) yang mendefinisikan risiko sebagai fungsi bahaya dan kerentanan serta memperkenalkan konsep acceptable probability (probabilitas yang dapat diterima) sebagai dasar investasi mitigasi, hingga kini belum diadopsi secara sistematis dalam perencanaan anggaran penanggulangan bencana di Indonesia. Analisis risiko yang dilakukan BNPB memang menggunakan rumus: $\text{Risk} = \text{Hazard} \times \text{Vulnerability} / \text{Capacity}$, tetapi penetapan ambang batas risiko yang “dapat diterima” untuk setiap wilayah tidak pernah dilakukan. Akibatnya, alokasi sumber daya mitigasi seringkali bersifat reaktif – dibangun setelah bencana besar terjadi – bukan berdasarkan prioritas risiko kuantitatif. Kritik paling tajam muncul dari model DRIFT (Manyena et al., 2019) yang menambahkan kapasitas transformatif di luar kapasitas preventif, antisipatif, absorptif, dan adaptif. Indonesia sejauh ini masih berada pada level adaptif, yaitu menyesuaikan diri dengan risiko namun tidak mengubah akar penyebab struktural seperti kemiskinan,

ketimpangan akses lahan, dan pelanggaran tata ruang. Program relokasi warga bantaran sungai sering gagal karena tidak disertai perubahan akses ekonomi, sementara sanksi terhadap pelanggaran tata ruang jarang ditegakkan. Tanpa kapasitas transformatif, ketahanan yang dibangun bersifat semu (*illusory resilience*).

Selanjutnya, model Enge (2019) menyoroti pentingnya interaksi dinamis antara skala mikro (rumah tangga, komunitas) dan skala makro (kebijakan, struktur). Di Indonesia, komunitas rentan seringkali telah mengembangkan strategi ketahanan lokal yang cerdas, seperti meninggikan rumah atau membuat tanggul sederhana. Namun, kebijakan makro jarang mendukung atau bahkan kerap menghambat strategi tersebut. Sebaliknya, pengalaman mikro sangat jarang diangkat menjadi masukan bagi kebijakan nasional. Tidak ada mekanisme umpan balik yang sistematis antara kedua skala, misalnya melalui forum partisipatif berbasis risiko yang mengikat. Terakhir, pendekatan Social-Ecological Systems (SES) dari Marin et al. (2021) mengajarkan bahwa risiko bencana dapat diturunkan dengan mengintervensi salah satu dari empat variabel: bahaya (*hazard*), paparan (*exposure*), kerentanan (*vulnerability*), atau ketahanan (*resilience*). Indonesia masih sangat terfokus pada pengendalian bahaya melalui infrastruktur fisik seperti tanggul dan waduk, sementara intervensi pada pengurangan paparan (misalnya relokasi permukiman dari daerah rawan) dan penurunan kerentanan (misalnya peningkatan kualitas perumahan dan akses ekonomi) kurang mendapat prioritas. Padahal, mengubah paparan dan kerentanan seringkali lebih efektif dan berbiaya lebih murah dalam jangka panjang.

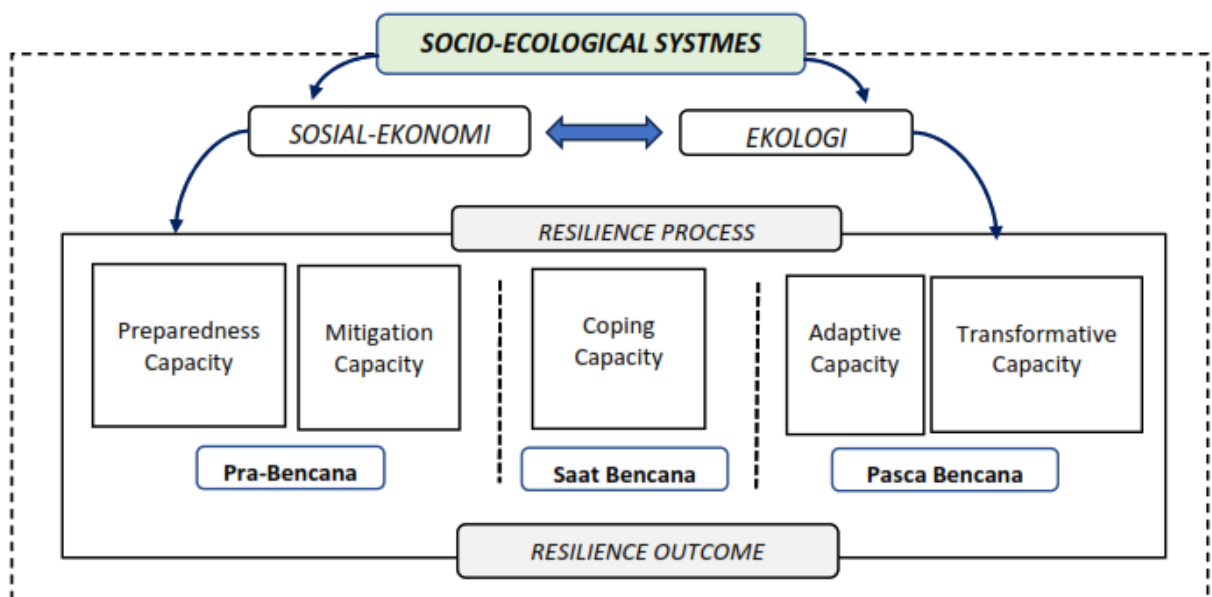
Secara keseluruhan, kaji banding ini menunjukkan bahwa meskipun kerangka hukum pengelolaan bencana di Indonesia secara normatif telah mengakui pentingnya ketahanan, implementasinya masih jauh dari prinsip-prinsip yang ditawarkan model-model mutakhir. Indonesia terjebak dalam pendekatan reaktif, teknis, dan sektoral, belum bergerak ke arah transformatif, lintas skala, dan sosio-ekologis. Kesenjangan terbesar terletak pada ketiadaan target pemulihan yang lebih tangguh (S5), kurangnya pengukuran kapasitas dinamis, lemahnya koordinasi lintas sektor, tidak digunakannya ambang batas risiko yang terukur, serta belum diinternalisasikannya kapasitas transformatif dan interaksi makro-mikro. Untuk itu, direkomendasikan agar Indonesia mulai mengadopsi indikator outcome S5 dalam setiap evaluasi pasca-bencana, mengembangkan sistem pemantauan kapasitas fungsional yang berkelanjutan, membentuk mekanisme koordinasi lintas sektor yang mengikat secara hukum, menerapkan analisis probabilitas risiko yang dapat diterima untuk prioritas anggaran, serta memperkuat kapasitas transformatif melalui reformasi tata ruang dan penegakan hukum lingkungan yang konsisten. Hanya dengan langkah-langkah tersebut pengelolaan bencana di Indonesia dapat bertransformasi menjadi upaya membangun ketahanan yang sesungguhnya, bukan sekadar merespons bencana yang datang silih berganti.

H. Sintesa Kerangka Ketahanan Bencana Dalam *Perseptif Socio-Ecological Systems* (SES)

Dalam kerangka kerja proses ketahanan bencana dimulai dari mengkaji aspek resiko beserta determinannya yaitu *hazard, exposure dan vulnerability*. Sementara pada proses bagaimana mengembangkan ketahanan (*resilience process*)

dipengaruhi oleh kapasitas preventif dan mitigasi, kapasitas adaptif, kapasitas absorptif dan kapasitas transformatif.

Hasil dari proses yang dilakukan akan menghasilkan 2 kemungkinan outcome (*resilience outcome*) yakni *bounce back* atau *bounce forward*. Outcome yang dihasilkan tentunya sangat dipengaruhi oleh kondisi awal (resiko) dan berbagai kapasitas sistem tersebut dalam merespon gangguan/goncangan bencana alam. Manyena (2006); Matyas & Pelling (2015;Disse et.al. (2020) ; Virapongse *et al.* (2016); Modica dan Zoboli (2021) ; Mujjuni et.al. (2021); DFID (2011) ; Ginsberg et.al. (2020) ; Monte (2021); Manyena et.al (2019) dan Gonzales et.al. (2021). Selengkapnya dapat dilihat pada gambar 21 berikut.



Gambar 21. Sintesis Kerangka Ketahanan Terhadap Bencana Banjir

Sumber : Hasil sintesis (2026)

Pendekatan ketahanan Socio-Ecological Systems memiliki keunggulan fundamental karena mengintegrasikan manusia dan alam sebagai satu kesatuan

yang saling tergantung, yang membedakannya dari pendekatan tradisional yang cenderung memisahkan sistem sosial dari ekologi (Fabinyi et al., 2014; Folke, 2016). Dibandingkan dengan *engineering resilience* yang hanya berfokus pada efisiensi dan kecepatan sistem untuk kembali ke satu titik keseimbangan tetap setelah gangguan (Liao, 2012; Mehvar et al., 2021), SES mengakui adanya banyak kemungkinan kondisi sistem (*multiple equilibria*) dan lebih menekankan pada kapasitas adaptif—yakni kemampuan untuk menyerap guncangan, belajar, dan menata ulang diri tanpa kehilangan fungsi utama (Armitage et al., 2012; Folke, 2016). Hal ini membuat SES lebih unggul dalam mengelola sistem yang kompleks dan dinamis karena memandang gangguan bukan sebagai ancaman yang harus dihindari, melainkan sebagai peluang untuk inovasi dan pengembangan (Liao, 2012; Nelson et al., 2007).

Selain itu, SES melampaui batasan ketahanan sosial dan ekonomi yang bersifat sektoral dengan cara menghubungkan kesejahteraan masyarakat secara langsung dengan kesehatan ekosistem (Armitage et al., 2012). Jika ketahanan sosial berfokus pada kemampuan kelompok menghadapi stres (Saja et al., 2021) dan ketahanan ekonomi berfokus pada minimalisasi kerugian finansial (Cimellaro et al., 2016), SES memberikan perspektif yang lebih luas dengan mempertimbangkan keberlanjutan jangka panjang dari jasa ekosistem yang menopang seluruh aktivitas tersebut (Nikinmaa et al., 2023). Pendekatan ini juga sangat efektif dalam menangani perubahan yang bersifat non-linear dan tidak terprediksi, serta mampu melakukan analisis lintas skala—dari lokal hingga global—yang sering kali

diabaikan oleh pendekatan lain yang hanya berfokus pada satu domain saja (Folke, 2016; Stokols et al., 2013).

Keunggulan terakhir yang sangat krusial adalah kemampuan SES dalam mendorong aksi transformatif (Nelson et al., 2007). Ketika sebuah sistem tidak lagi berkelanjutan atau diinginkan, SES menawarkan kerangka kerja untuk melakukan transformasi total ke sistem yang baru, alih-alih hanya sekadar bertahan dalam kondisi yang buruk (Armitage et al., 2012). Dengan mengintegrasikan berbagai sistem pengetahuan, termasuk kearifan lokal, serta menerapkan manajemen adaptif yang fleksibel, SES memberikan landasan yang lebih kuat untuk memahami dan mengelola keberlanjutan di tengah ketidakpastian global yang kompleks (Stokols et al., 2013; Ungar, 2018; Walsh-Dilley et al., 2016).

I. Aspek Ekologi dan Lingkungan dalam Kerangka Ketahanan Bencana

Adapun penjelasan terkait dengan aspek ekologi dan lingkungan dalam kerangka konsep ketahanan bencana diuraikan sebagai berikut.

1. Pengertian Lingkungan

Lingkungan hidup didefinisikan sebagai kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang memengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain (Mahdayeni et al., 2019). Secara epistemologis, lingkungan merupakan sistem kompleks yang dibentuk oleh interaksi dinamis antara komponen fisik (abiotik), hayati (biotik), dan sosial-budaya (Narut & Nardi, 2019; Winarni, 2018). Dalam paradigma ekologi modern, ketiga aspek ini tidak dapat dipisahkan; perubahan pada satu komponen akan memberikan dampak berantai pada komponen

lainnya melalui mekanisme umpan balik (Effendi et al., 2018; Schepers et al., 2021).

Ketidakseimbangan pada komponen biotik maupun abiotik, yang sering kali dipicu oleh aktivitas manusia, dapat mengganggu stabilitas ekosistem dan menurunkan baku mutu lingkungan secara signifikan (Hidayat et al., 2023). Namun, tantangan krusial dalam pengelolaan lingkungan modern terletak pada ketidaksesuaian skala (scale mismatch) antara dinamika ekosistem yang bersifat jangka panjang dengan siklus pengambilan keputusan politik yang cenderung bersifat jangka pendek (Borgström et al., 2006; Scheer et al., 2025; Schultz et al., 2019).

Kompleksitas sistem ekologi, yang sering kali ditandai dengan jeda waktu (time lags) yang signifikan antara intervensi manusia dan respons lingkungan, menciptakan ketidakpastian yang tinggi dan membuat pengelolaan lingkungan menjadi persoalan yang bersifat wicked—yakni masalah kompleks tanpa solusi tunggal yang pasti, yang memerlukan kebijakan yang adaptif, partisipatif, serta melampaui siklus elektoral konvensional (DeFries & Nagendra, 2017; Hocherman et al., 2025; Scheer et al., 2025).

Konsep lingkungan hidup sering kali disepadankan dengan ekosistem, yaitu suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik yang tak terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya (Effendi et al., 2018). Pakar lingkungan Otto Soemarno mendefinisikan lingkungan sebagai jumlah total semua benda dan kondisi dalam ruang yang ditempati yang memengaruhi kehidupan kita (Mahdayeni et al., 2019). Sementara itu, lingkungan juga dipahami

sebagai jumlah total dari faktor eksternal biologis dan fisika yang secara langsung memengaruhi pertumbuhan, perkembangan, dan reproduksi organisme (Igbokwe, 2012; Mahdayeni et al., 2019).

2. Model Diakronis Abiotik, Biotik dan *Culture*

Model segitiga diakronis membagi lingkungan menjadi tiga pilar utama: proses abiotik, proses biotik, dan proses budaya (Schepers et al., 2021). Sinergi ketiga pilar ini membentuk bentang alam (landscape) yang fungsional, di mana $Landscape = Abiotic + Biotic + Cultural$ (Ly & Ongsomwang, 2019). Integrasi ketiga domain ini menekankan bahwa setiap organisme hidup, termasuk manusia, terikat dalam prinsip interdependensi yang mengatur stabilitas, kelentingan, serta produktivitas lingkungan secara utuh (Effendi et al., 2018). Interaksi ini memastikan bahwa fluktuasi dalam satu elemen, baik fisik maupun biologis, akan memengaruhi ketersediaan sumber daya dan kapasitas adaptasi sistem secara menyeluruh (Fahrudin et al., 2023). Dengan demikian, pemahaman terhadap pola keterkaitan ini menjadi krusial dalam menyusun strategi pengelolaan lingkungan yang tidak hanya reaktif, tetapi juga preventif dalam menjaga integritas ekosistem dari tekanan eksternal (Sukarna, 2022).

Komponen abiotik mencakup segala benda mati dan keadaan fisik yang ada di sekitar individu (Narut & Nardi, 2019). Meskipun tidak hidup, komponen ini merupakan penentu utama (biotop) bagi keberlangsungan hidup komponen biotik (Sakho, 2023).

Tanah dan geologi merupakan fondasi fisik ekosistem. Tekstur tanah, komposisi kimia, dan struktur edafik menentukan jenis vegetasi yang dapat tumbuh

di suatu wilayah (Ly & Ongsomwang, 2019; Sakho, 2023). Unsur mineral dalam tanah berfungsi sebagai penyedia nutrisi bagi produsen dalam rantai makanan (Sitanggang & Yulistiana, 2015). Air merupakan komponen abiotik yang vital bagi semua makhluk hidup. Ketersediaan air memengaruhi distribusi flora dan fauna serta menentukan iklim mikro suatu kawasan (Linus, 2022; Sitanggang & Yulistiana, 2015). Dalam konteks global, hidrosfer mencakup ekosistem air tawar hingga ekosistem laut yang sangat luas (Sakho, 2023). Atmosfer menyediakan gas-gas penting seperti oksigen untuk respirasi dan karbon dioksida untuk fotosintesis (Linus, 2022). Faktor iklim seperti suhu, kelembaban, intensitas cahaya matahari, dan tekanan udara sangat memengaruhi ritme biologis organisme (Narut & Nardi, 2019; Sakho, 2023). Energi matahari merupakan penggerak utama aliran energi dalam ekosistem (Anbarwati, 2018; Fahrudin et al., 2023).

Komponen biotik meliputi semua makhluk hidup, mulai dari mikroorganisme hingga mamalia besar, termasuk manusia (Narut & Nardi, 2019). Interaksi antar komponen biotik ini membentuk struktur komunitas yang kompleks. Dalam ekosistem, komponen biotik dikelompokkan berdasarkan fungsinya (Fahrudin et al., 2023; Sitanggang & Yulistiana, 2015) sebagai berikut: (a) Produsen: Tumbuhan hijau dan fitoplankton yang mampu mengubah energi cahaya menjadi energi kimia melalui fotosintesis (Sitanggang & Yulistiana, 2015). Organisme autotrof, seperti tumbuhan hijau dan fitoplankton, yang mampu mengubah energi cahaya menjadi energi kimia melalui proses fotosintesis (Sitanggang & Yulistiana, 2015). Sebagai tingkat trofik dasar, produsen memegang peran fundamental dalam menyediakan substrat energi primer bagi seluruh

komponen biotik lainnya, yang menjadi fondasi bagi stabilitas rantai makanan dan keseimbangan ekosistem secara keseluruhan (Fahrudin et al., 2023). (b) Konsumen: Hewan dan manusia yang bergantung pada produsen untuk mendapatkan energi. Terbagi menjadi konsumen tingkat I (herbivora), tingkat II (karnivora), hingga predator puncak (Fahrudin et al., 2023; Sitanggang & Yulistiana, 2015). Konsumen tingkat pertama memperoleh materi dan energi langsung dari produsen, yang kemudian disalurkan secara berjenjang ke konsumen tingkat berikutnya melalui mekanisme jaring-jaring makanan (Jufrida et al., 2018). (c) Pengurai: Mikroorganisme seperti bakteri dan jamur yang memecah materi organik mati kembali menjadi unsur abiotik (Sitanggang & Yulistiana, 2015). Proses dekomposisi ini sangat krusial dalam siklus nutrisi, karena memungkinkan mineral anorganik kembali ke lingkungan untuk diserap dan digunakan kembali oleh produsen (Baidun, 2023; Laoli et al., 2025).

Kestabilan jaring-jaring makanan sangat krusial dalam mentransfer energi antar organisme (Fahrudin et al., 2023). Gangguan pada satu populasi, misalnya melalui perburuan liar atau hilangnya habitat, akan mengganggu keseimbangan seluruh ekosistem (Fahrudin et al., 2023; Verawati, 2023). Selain itu, keterkaitan antara komponen biotik dan abiotik yang bersifat siklik dan komplementer menuntut kondisi lingkungan yang stabil-dinamis agar fungsi ekologis tetap terjaga (Sulistiowati et al., 2018).

Aspek budaya merupakan dimensi integral dalam sistem ekologi yang mencakup teknologi, nilai, norma, dan perilaku manusia yang secara aktif membentuk serta memengaruhi alam (Mahdayeni et al., 2019). Budaya tidak

sekadar dipandang sebagai kumpulan tradisi, melainkan sebagai mekanisme adaptasi manusia yang dinamis terhadap lingkungan lokalnya (Nur, 2021; Rachmad, 2019). Pendekatan ini menegaskan bahwa hubungan manusia dengan alam selalu dimediasi oleh konstruksi sosial dan budaya yang menentukan cara pandang terhadap sumber daya.

Julian Steward memelopori teori ekologi budaya yang menegaskan bahwa lingkungan dan budaya adalah hasil campuran (mixed product) yang berproses melalui dialektika berkelanjutan (Nur, 2021; Setiawan et al., 2021). Dalam perspektif ini, budaya bukanlah hasil dari determinisme lingkungan semata, melainkan instrumen manusia dalam mengelola sumber daya alam melalui teknologi dan organisasi sosial yang adaptif (Rachmad, 2019).

Indonesia memiliki kekayaan kearifan lokal yang berfungsi sebagai sistem manajemen lingkungan tradisional yang efektif dalam mencegah eksploitasi berlebihan (Makassar & Salim, 2016; Suhartini, 2009). Pandangan dunia (worldview) dan sistem nilai yang terkandung dalam tradisi ini secara substansial membentuk cara masyarakat memperlakukan serta menjaga ekosistem di sekitarnya (Alam, 2020). Beberapa contoh nyata meliputi: Masyarakat Baduy: Menerapkan konsep pikukuh dan buyut sebagai pedoman ketat dalam pelestarian hutan dan wilayah keramat (Suhartini, 2009). Masyarakat Jawa: Mempraktikkan sistem pranoto mongso dan konservasi berbasis religi seperti nyabuk gunung untuk menjaga keseimbangan lahan (Suhartini, 2009). Masyarakat Papua: Mengimplementasikan sistem pengelolaan adaptif dalam pemanfaatan buah hitam

(*Haplolobus monticola*) untuk menjamin keberlanjutan sumber daya (Ungirwalu et al., 2016).

Perilaku manusia terhadap lingkungan sangat ditentukan oleh paradigma yang dianut, baik itu bersifat antroposentris maupun ekosentris (Sukarna, 2022). Internalisasi nilai-nilai ekologis melalui pendekatan budaya merupakan langkah strategis untuk mentransformasi perilaku eksploitatif manusia menjadi perilaku konservatif yang berkelanjutan (Niman, 2019). Dengan mengintegrasikan kearifan lokal ke dalam kebijakan pengelolaan lingkungan, pranata sosial dapat berfungsi sebagai modal utama dalam memitigasi risiko kerusakan ekologis (Manara, 2018).

Aspek budaya adalah dimensi manusia yang mencakup teknologi, nilai, norma, dan perilaku yang memengaruhi alam (Mahdayeni et al., 2019). Budaya dipandang sebagai mekanisme adaptasi manusia terhadap lingkungan lokalnya (Nur, 2021; Rachmad, 2019).

Integrasi pengetahuan ekologis tradisional ini terbukti efektif dalam menjaga kelestarian ekosistem melalui praktik berbasis kearifan lokal, seperti sasi di Maluku atau awig-awig di Bali (Almunawar et al., 2026). Penerapan instrumen sosial-budaya ini tidak hanya memperkuat legitimasi kebijakan konservasi di tingkat tapak, tetapi juga memfasilitasi keterlibatan aktif masyarakat dalam menjaga integritas sumber daya alam secara berkelanjutan (Erianjoni, 2018; Fajrini, 2021).

Interaksi antara komponen abiotik, biotik, dan budaya merupakan inti dari pembentukan ketahanan (resilience) terhadap bencana banjir. Dalam konteks ekologi dan manajemen bencana, ketahanan bukan sekadar kemampuan untuk

bertahan dari limpasan air, melainkan kapasitas sistem sosial-ekologis untuk menyerap gangguan, melakukan reorganisasi, dan beradaptasi agar fungsi dasarnya tetap terjaga (Karmila & Madrah, 2025; McClymont et al., 2019).

Berikut adalah uraian mendalam mengenai interaksi ketiga komponen tersebut dalam konteks ketahanan terhadap bencana banjir.

1. Komponen Abiotik

Komponen abiotik merupakan faktor deterministik yang menentukan potensi dan intensitas banjir di suatu wilayah. Faktor ini mencakup aspek meteorologis, geomorfologis, dan hidrologis (Ehrampoush et al., 2022; Huang, 2020). Intensitas, durasi, dan frekuensi curah hujan adalah pemicu utama (*trigger*) banjir (Huang, 2020). Fenomena perubahan iklim global telah meningkatkan ketidakpastian pola hujan, yang secara langsung menekan sistem drainase abiotik melampaui kapasitas desainnya (MacAfee & Löhr, 2023; McClymont et al., 2019). Atmosfer tidak hanya menyediakan input air, tetapi juga mengatur suhu yang memengaruhi tingkat penguapan dan kelembaban tanah sebelum terjadinya banjir (Ehrampoush et al., 2022; Sakho, 2023).

Intensitas, durasi, dan frekuensi curah hujan merupakan pemicu utama (*trigger*) yang menentukan potensi banjir di suatu kawasan (Huang, 2020). Fenomena perubahan iklim global tidak hanya meningkatkan ketidakpastian pola hujan, tetapi juga memicu kejadian hujan ekstrem yang secara sistematis menekan sistem drainase abiotik hingga melampaui kapasitas desain teknisnya (MacAfee & Löhr, 2023; McClymont et al., 2019). Selain sebagai penyedia input air, kondisi atmosfer yang mengatur suhu dan kelembaban juga berperan krusial dalam

menentukan tingkat penguapan serta kadar jenuh tanah sebelum peristiwa hujan terjadi, yang pada akhirnya memengaruhi rasio limpasan permukaan (*surface runoff*) yang berkontribusi langsung pada pembentukan banjir (Ehrampoush et al., 2022; Sakho, 2023). Selain faktor meteorologis, karakteristik geomorfologis seperti topografi curam dan penyempitan Daerah Aliran Sungai turut mempercepat laju aliran air serta memperparah risiko akumulasi debit banjir (Indrasari & Rudiarto, 2020).

Kemiringan lereng (*slope*) dan elevasi relatif menentukan kecepatan aliran permukaan (Huang, 2020). Wilayah dengan topografi curam mempercepat aliran air menuju lembah, meningkatkan risiko banjir bandang (*flash flood*), sementara wilayah dataran rendah cenderung menjadi area genangan akibat aliran yang melambat (Gómez et al., 2024; Smith et al., 2017). Jenis tanah (*litosfer*) juga memainkan peran krusial; tanah dengan porositas tinggi memiliki kemampuan infiltrasi yang baik, sehingga mengurangi volume air permukaan yang menjadi banjir (Gómez et al., 2024; Sakho, 2023). Sebaliknya, tanah dengan karakteristik permeabilitas rendah atau jenuh air akan memicu peningkatan volume limpasan secara signifikan, terutama pada Daerah Aliran Sungai yang memiliki drainase buruk (Kusumo & Nursari, 2016; Septian et al., 2020). Selain itu, alih fungsi lahan dari area terbuka menjadi kawasan terbangun semakin memperparah kondisi ini dengan mengurangi kemampuan alami tanah dalam meresap air, sehingga volume limpasan yang melampaui daya tampung sistem drainase menjadi tak terelakkan (Aji et al., 2022; Latue & Latue, 2023). Secara geomorfologis, wilayah dengan kelerengan landai dan elevasi rendah memiliki risiko akumulasi air yang lebih besar

karena terbatasnya gaya gravitasi dalam membuang debit air ke area hilir (Badwi et al., 2020), (Nugroho & Handayani, 2021). Selanjutnya, kerapatan jaringan sungai di wilayah tersebut berfungsi sebagai kanal alami yang menentukan kecepatan distribusi air; jika jaringan ini mengalami sedimentasi atau penyumbatan, kapasitas tampung sungai akan menurun drastis dan memicu luapan air (Madani et al., 2022; Herison et al., 2018). Faktor manusia yang mendorong alih fungsi lahan konservasi menjadi kawasan terbangun turut memperburuk kondisi ini dengan menurunkan kemampuan infiltrasi tanah, sehingga volume aliran permukaan meningkat drastis (Taslim & Akbar, 2019; Yastika et al., 2024). Kondisi ini sejalan dengan temuan bahwa parameter topografi dan perubahan tata guna lahan merupakan faktor determinan yang secara signifikan meningkatkan debit banjir di suatu wilayah (Warsilan, 2019). Selain itu, penurunan kapasitas penampang sungai akibat pendangkalan serta konversi daerah penyangga menjadi lahan terbangun tanpa perlindungan memadai semakin memperparah ketidakseimbangan hidrologis tersebut (Wijayakusuma, 2023). Oleh karena itu, pengelolaan DAS yang komprehensif memerlukan integrasi antara pendekatan teknis struktur pengendalian air dengan upaya konservasi lahan untuk mengembalikan fungsi infiltrasi alami (Imaaduddiin et al., 2022).

Jaringan sungai, kapasitas penyimpanan badan air, dan kepadatan jaringan sungai menentukan seberapa cepat air dapat dialirkan keluar dari suatu kawasan (Camporeale et al., 2013; Huang, 2020). Dalam lingkungan perkotaan, sistem drainase buatan sering kali menjadi komponen abiotik utama yang menentukan

apakah air hujan akan tetap berada di permukaan atau dialirkan secara efektif (Alimuddin et al., 2025; Srirangam & Sheng, 2024).

Karakteristik jaringan sungai, termasuk kapasitas penyimpanan badan air dan kerapatan alur sungai, menjadi variabel hidrologis fundamental yang mengendalikan kecepatan respons aliran dan durasi puncak banjir di suatu wilayah (Camporeale et al., 2013; Huang, 2020). Dalam *lanskap urban*, sistem drainase artifisial berfungsi sebagai komponen abiotik vital yang menentukan efisiensi hidrolis dalam mengelola limpasan permukaan (Srirangam & Sheng, 2024). Penurunan kinerja pada sistem drainase ini—akibat pemeliharaan yang tidak memadai atau ketidakmampuan menampung debit ekstrem—menjadi determinan utama dalam transisi risiko dari genangan lokal menjadi banjir sistemik yang merusak (Alimuddin et al., 2025). Pola aliran air yang berubah akibat pembangunan infrastruktur seperti gedung, jalan, dan saluran drainase juga dapat mendisrupsi pola alami DAS, sehingga mempercepat akumulasi debit di wilayah hilir (Manakane et al., 2023). Selain itu, penurunan resistensi DAS terhadap banjir akibat alih fungsi lahan yang masif semakin memperburuk kondisi hidrologis, sehingga meningkatkan besaran debit puncak pada outlet DAS secara signifikan (Indryastuti, 2013).

2. Komponen Biotik

Komponen biotik berfungsi sebagai penyangga (*buffer*) yang memodifikasi interaksi antara air (abiotik) dan permukaan tanah. Vegetasi mempunyai kemampuan mengubah morfologi lingkungan untuk mengurangi dampak bencana (Camporeale et al., 2013; Yağcı et al., 2023). Vegetasi, mulai dari tutupan hutan

hingga taman kota, meningkatkan resistensi hidrolis terhadap aliran air (Ali et al., 2019; Gómez et al., 2024). Akar tanaman memperkuat struktur tanah (mengurangi erosi abiotik) dan menciptakan saluran makropori yang mempercepat infiltrasi air ke dalam tanah (Camporeale et al., 2013; Sitanggang & Yulistiana, 2015).

Di wilayah hulu, hutan yang sehat mampu menyerap hingga persentase signifikan dari curah hujan sebelum air tersebut mencapai sungai (Azizah et al., 2025; Muchtar, 2025). Proses intersepsi kanopi ini secara efektif menahan laju air hujan, sekaligus mengurangi energi kinetik tetesan air yang jatuh untuk menekan laju erosi tanah (Asrul et al., 2025; Ridwan & Sarjito, 2024). Selain itu, sistem perakaran yang ekstensif berperan dalam menjaga stabilitas lereng, yang secara langsung memitigasi risiko gerakan tanah dan sedimentasi di badan air (Andalas et al., 2024). Dengan berkurangnya vegetasi, daya tampung tanah terhadap air akan menurun, yang kemudian memicu kekeringan pada musim kemarau dan meningkatkan frekuensi banjir saat musim hujan (Febriani & Ahyuni, 2023).

Optimalisasi peran vegetasi melalui perencanaan tata ruang yang strategis dapat meminimalkan risiko bencana dengan menjaga ketersediaan lahan terbuka serta kawasan resapan air yang krusial bagi keseimbangan hidrologis (Basthoni, 2020; Fatmala et al., 2023). Oleh karena itu, pengintegrasian prinsip-prinsip hidrologi ke dalam instrumen zonasi dan desain kawasan sangat diperlukan untuk mentransformasi perencanaan tata ruang yang statis menjadi lebih adaptif terhadap dinamika air (Muta'ali, 2026), (Muta'ali, 2026). Pendekatan ini memosisikan hidrologi sebagai basis utama perencanaan wilayah, bukan sekadar pelengkap

teknis, guna mengatasi kerentanan terhadap bencana hidrometeorologis yang semakin intensif (Muta'ali, 2026).

Di sepanjang tepi sungai (zona riparian), vegetasi berfungsi menstabilkan bank sungai, mengurangi kecepatan arus, dan menyaring sedimen (Camporeale et al., 2013; Gómez et al., 2024). Di kawasan pesisir, hutan mangrove menjadi komponen biotik vital yang mampu mengurangi tinggi limpasan air pasang (rob) dan tsunami hingga 45% jika ditempatkan dalam kerapatan yang tepat (Ali et al., 2019).

Di kawasan pesisir, hutan mangrove berperan sebagai komponen biotik krusial yang berfungsi sebagai benteng alami dalam mitigasi bencana. Struktur perakaran yang kompleks mampu mendisipasi energi gelombang serta mengurangi tinggi limpasan air pasang (rob) dan tsunami hingga 45% jika ditempatkan dalam kerapatan yang tepat (Ali et al., 2019). Peran strategis ini menjadikan mangrove sebagai infrastruktur hijau yang esensial untuk menjaga stabilitas garis pantai dan melindungi permukiman dari ancaman abrasi. Selain itu, mekanisme stabilisasi sedimen oleh mangrove secara tidak langsung mendukung pembentukan bentang alam pesisir yang lebih tangguh terhadap kenaikan muka air laut (Melati, 2021). Kapasitas adaptasi tanaman ini terhadap salinitas tinggi dan kondisi tergenang memungkinkan mereka untuk menjaga keseimbangan ekosistem pantai yang fluktuatif (Putri et al., 2025). Selain itu, zona riparian berperan sebagai penyangga esensial yang menyaring polutan dan sedimen sebelum mencapai badan air, sekaligus menyediakan koridor habitat bagi keanekaragaman hayati (Fikriyya et al., 2023). Vegetasi dengan kerapatan tinggi di zona riparian ini juga terbukti efektif

dalam memperlambat laju aliran permukaan dan mengoptimalkan infiltrasi, yang secara langsung berkontribusi pada penurunan risiko erosi serta sedimentasi di sungai (Hidayah, 2023). Secara lebih spesifik, pemilihan spesies tanaman dengan akar dalam sangat dianjurkan untuk memperkuat struktur tanah pada lereng yang rentan, sehingga stabilitas lereng terjaga dan peresapan air ke lapisan yang lebih dalam dapat dioptimalkan (Suryajaya & Suhendra, 2019).

Kesehatan komponen biotik, seperti keberadaan mikroorganisme tanah dan kepadatan vegetasi, mencerminkan kemampuan ekosistem dalam melakukan pemulihan pasca-banjir (Ehrampoush et al., 2022; Verawati, 2023). Penurunan keanekaragaman hayati sering kali berbanding lurus dengan penurunan kemampuan alami lingkungan dalam memitigasi banjir (Fahrudin et al., 2023).

3. Komponen Budaya

Budaya merupakan faktor paling dinamis yang dapat memperkuat atau justru memperlemah ketahanan terhadap banjir. Ini mencakup pengetahuan lokal, kebijakan pemerintah, teknologi, dan perilaku masyarakat dalam mengelola lingkungan (Mahdayeni et al., 2019; Srirangam & Sheng, 2024). Pola interaksi ini sering kali diwujudkan melalui kebijakan tata ruang berbasis partisipasi komunitas, di mana kearifan lokal dalam mitigasi bencana diintegrasikan dengan teknologi pemantauan modern seperti Sistem Informasi Geografis untuk mengevaluasi efektivitas tutupan vegetasi (Azhar et al., 2025; Hamzah et al., 2021). Upaya ini diperkuat dengan penerapan kebijakan berbasis ekosistem yang mensinergikan tata kelola lahan dengan perlindungan wilayah pesisir guna meningkatkan resiliensi komunitas terhadap kenaikan permukaan laut (Latumahina et al., 2025), (Fitriana

et al., 2022). Pendekatan integratif ini mengakui bahwa ketahanan masyarakat pesisir tidak hanya bergantung pada infrastruktur fisik, melainkan pada sinergi antara manajemen ekosistem dan strategi adaptasi berbasis kearifan lokal dalam menghadapi degradasi lingkungan yang dipicu oleh intrusi air laut (sanaya, 2025).

Lebih jauh lagi, pelibatan aktif masyarakat dalam rehabilitasi hutan dan pengelolaan daerah aliran sungai terbukti meningkatkan efektivitas upaya mitigasi berkelanjutan dibandingkan dengan pendekatan top-down yang bersifat kaku (Yakin et al., 2025). Pendidikan kebencanaan memainkan peran krusial dalam menanamkan kesadaran kolektif serta empati sosial, yang mendorong partisipasi aktif warga dalam memelihara ekosistem di lingkungan mereka (Mujib et al., 2025). Dengan demikian, penguatan kapasitas komunitas dalam mengenali risiko melalui pemetaan partisipatif menjadi landasan utama bagi terciptanya kebijakan manajemen bencana yang transformatif dan adaptif (Pelone & Sanchez, 2025; Wijaya et al., 2025). Strategi ini sejalan dengan konsep mitigasi non-struktural yang menekankan pada penguatan modal sosial serta kesiapsiagaan masyarakat sebagai adaptasi aktif terhadap ancaman banjir yang berulang. Pemberdayaan ini mencakup peningkatan pengetahuan dan keterampilan teknis warga dalam menjalankan siklus manajemen bencana, mulai dari perencanaan partisipatif, upaya tanggap darurat, hingga tahapan pemulihan (Herlina et al., 2022; Kurniawan et al., 2024). Implementasi metode ini, seperti yang diterapkan melalui pemetaan partisipatif, terbukti mampu mengidentifikasi variasi kerentanan spasial dan mengintegrasikan pengetahuan masyarakat lokal untuk memperkuat kapasitas komunitas secara komprehensif (Mahful et al., 2025).

Integrasi teknologi seperti Sistem Informasi Geografis dalam proses ini memungkinkan pemetaan dinamis terhadap perubahan garis pantai dan kawasan rawan abrasi, sehingga data yang dihasilkan menjadi lebih akurat untuk pengambilan keputusan berbasis komunitas (Khalidun et al., 2026), (Hasan et al., 2025). Masyarakat Indonesia telah mengembangkan berbagai bentuk kearifan lokal untuk hidup berdampingan dengan banjir (Ariyanti et al., 2025; Dede et al., 2024). **Arsitektur Adaptif:** Di dataran tinggi Gayo dan wilayah Kendari, konstruksi rumah panggung adalah respons budaya terhadap risiko banjir bandang dan luapan sungai (. et al., 2025; Azizah et al., 2025). **Sistem Peringatan Dini Tradisional:** Penggunaan tanda-tanda alam, seperti perubahan perilaku hewan atau warna air sungai, berfungsi sebagai sistem peringatan dini berbasis komunitas yang sangat efektif di daerah terpencil (Ariyanti et al., 2025; Muchtar, 2025).

Keputusan budaya yang termanifestasi dalam kebijakan tata ruang secara fundamental menentukan kualitas interaksi manusia dengan komponen abiotik, yang pada gilirannya dapat memperkuat resiliensi ekosistem atau justru memicu degradasi lingkungan (Zhu et al., 2023). Sinergi antara regulasi formal dan kearifan lokal dalam perencanaan wilayah terbukti krusial untuk menciptakan lingkungan yang adaptif terhadap dinamika hidrologi ekstrem (. et al., 2025; Anthony et al., 2025). Pembangunan di wilayah resapan air atau di bantaran sungai merupakan kegagalan budaya dalam memahami batasan abiotik lingkungan (Hassan, 2025; Winarni, 2018). Sebaliknya, integrasi antara infrastruktur modern (seperti sistem peringatan dini digital) dengan pengetahuan lokal dapat menciptakan ketahanan yang lebih tangguh (Azizah et al., 2025; Srirangam & Sheng, 2024).

4. Inter-aksi Tiga Komponen dalam Membangun Ketahanan

Ketahanan yang sejati lahir dari sinergi ketiga komponen ini. Ketidakseimbangan pada salah satu aspek akan merusak seluruh sistem pertahanan. Ketersediaan air dan nutrisi (abiotik) diperlukan untuk pertumbuhan vegetasi (biotik). Sebaliknya, vegetasi memodifikasi siklus hidrologi abiotik dengan meningkatkan transpirasi dan mengurangi aliran permukaan (Camporeale et al., 2013; Sitanggang & Yulistiana, 2015).

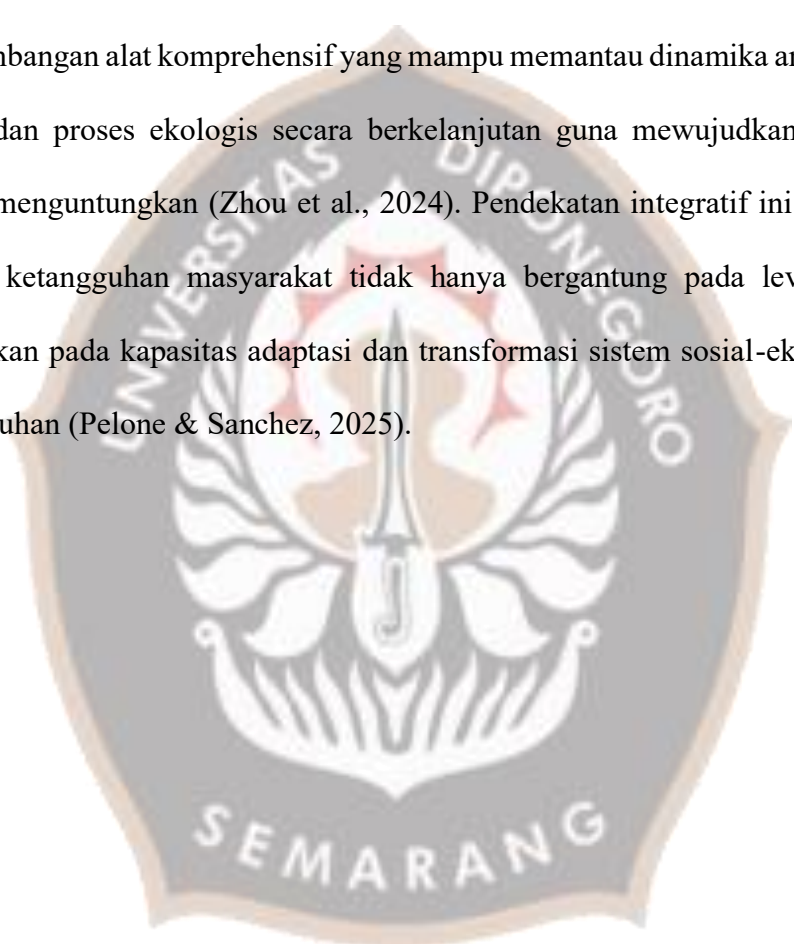
Dalam manajemen banjir, pendekatan *Nature-Based Solutions* memanfaatkan interaksi ini dengan menanam vegetasi di area strategis untuk mengelola energi air secara alami (Smith et al., 2017; Yağcı et al., 2023). Sinergi ini tidak hanya menstabilkan sedimen dan mengurangi laju erosi, tetapi juga menciptakan zona penyangga yang mampu menyerap beban hidrologis sebelum mencapai permukiman warga. Selain itu, penggabungan elemen biotik dan abiotik ini harus diperkuat dengan pemahaman mendalam mengenai dinamika sosial agar solusi yang dirancang mampu beradaptasi terhadap perubahan perilaku manusia dan tuntutan lingkungan jangka panjang (Zhou et al., 2024). Pendekatan ekosistem ini secara intrinsik menuntut keterlibatan lintas sektor, di mana interaksi antara faktor lingkungan, sosial, ekonomi, dan hidrologi dikelola secara simultan untuk memaksimalkan manfaat sistemik bagi wilayah urban (Coletta et al., 2024).

Budaya konservasi masyarakat adat sering kali melibatkan perlindungan hutan (biotik) sebagai benteng alam (Ariyanti et al., 2025). Contohnya, masyarakat Desa Tempur di Jepara memadukan nilai budaya kolektif dengan perlindungan kawasan hutan untuk mencegah longsor dan banjir (Ariyanti et al., 2025). Ketika

nilai budaya ini luntur, eksploitasi hutan meningkat, yang pada gilirannya menghilangkan fungsi perlindungan biotik dan memicu bencana abiotik (Muchtar, 2025; Nur, 2021).

Teknologi manusia (budaya) harus mampu beradaptasi dengan keterbatasan fisik (abiotik). Di wilayah dengan risiko banjir tinggi, ketahanan dibangun melalui modifikasi abiotik yang terencana, seperti pembuatan kolam retensi atau normalisasi sungai yang mempertimbangkan siklus hidrologi lokal (Alimuddin et al., 2025; Zhu et al., 2023). Penerapan teknologi inovatif, seperti sistem pemantauan berbasis data waktu nyata, dapat mengubah infrastruktur tradisional menjadi jaringan yang lebih adaptif dan efisien dalam mengelola tekanan hidrologis (Adelani et al., 2024). Pendekatan ini selaras dengan prinsip multifungsi infrastruktur biru-hijau, yang mengintegrasikan elemen alam dan rekayasa untuk meningkatkan kapasitas sistem dalam menghadapi bahaya hidrologis (Hamel & Tan, 2021). Penggabungan elemen warisan budaya dengan prinsip ekologis, seperti restorasi lahan basah dan zona riparian, memungkinkan penyelarasan infrastruktur modern dengan esensi historis sungai guna memperkuat resiliensi banjir (Nayak et al., 2023). Adaptasi sosial, seperti gotong royong dalam membersihkan lumpur atau menaikkan ketinggian lantai rumah, menunjukkan bagaimana budaya merespons dinamika abiotik secara aktif (Muzdalifah et al., 2023; Padjadjaran et al., 2017). Integrasi strategi mitigasi teknis dengan praktik lokal ini mendukung prinsip *resist, delay, store, and discharge* yang esensial untuk meningkatkan ketahanan perkotaan terhadap debit air ekstrem (Srivastava & Sahay, 2023).

Interaksi yang harmonis antara ketiga komponen ini menciptakan sistem yang tidak hanya tangguh dalam menghadapi banjir, tetapi juga mampu pulih dengan cepat dan belajar dari setiap kejadian bencana untuk masa depan yang lebih aman (McClymont et al., 2019; Niman, 2019; Zhu et al., 2023). Hal ini menuntut pengembangan alat komprehensif yang mampu memantau dinamika antara perilaku sosial dan proses ekologis secara berkelanjutan guna mewujudkan solusi yang saling menguntungkan (Zhou et al., 2024). Pendekatan integratif ini menekankan bahwa ketangguhan masyarakat tidak hanya bergantung pada level debit air, melainkan pada kapasitas adaptasi dan transformasi sistem sosial-ekologis secara keseluruhan (Pelone & Sanchez, 2025).



SEKOLAH PASCASARJANA