

LAPORAN PENELITIAN DOSEN STIS



**MENGUKUR RISIKO DAN KERENTANAN BENCANA PADA
SKALA LOKAL DI INDONESIA MELALUI DOWNSCALING
WORLD RISK INDEX**

**Dr. Tiodora Hadumaon Siagian, M.Pop.Hum.Res.
Novia Budi Parwanto, MSE, MPP, Ph.D**



**UNIT PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT (UPPM)
SEKOLAH TINGGI ILMU STATISTIK (STIS)
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Penelitian Dosen dengan judul:

Mengukur Risiko dan Kerentanan Bencana pada Skala Lokal di Indonesia melalui Downscaling World Risk Index

Nama Peneliti:

Dr. Tiodora Hadumaon Siagian, M.Pop.Hum.Res.
Novia Budi Parwanto, MSE, MPP, Ph.D

Dilaksanakan pada Februari 2017 sampai dengan November 2017

Telah disahkan oleh Kepala Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (UPPM)
Sekolah Tinggi Ilmu Statistik (STIS), pada tanggal **27 November 2017**

Menyetujui,
Kepala UPPM

Ketua Peneliti

Dr. Hardius Usman, S.Si., M.Si
NIP. 196704251989011002

Dr. Tiodora H. Siagian, M.Pop.Hum.Res
NIP. 197001121991122001

Mengetahui
Pembantu Ketua I

Dr. Erni Tri Astuti, M.Math
NIP. 196710221990032002

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillahirobbil ‘alamiin penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas pertolongan-NYA sehingga laporan penelitian ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Topik penelitian ini adalah “Mengukur Risiko dan Kerentanan Bencana pada Skala Lokal di Indonesia melalui *Downscaling World Risk Index*”. Penelitian ini merupakan penelitian dosen Sekolah Tinggi Ilmu Statistik (STIS) pada tahun Anggaran 2017 yang diatur pelaksanaannya oleh Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (UPPM) STIS.

Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan bencana akibat lokasi geografisnya yang terletak pada titik pertemuan empat lempeng tektonik utama dan berada di Cincin Api Pasifik. Meskipun berada di wilayah rawan bencana namun penelitian-penelitian terkait penurunan risiko bencana di Indonesia dirasakan masih kurang. Untuk itu penelitian ini berfokus pada mencari indikator-indikator yang sesuai berdasarkan kajian literatur yang intensif dan menyeluruh dan tersedia pada tingkat kabupaten/kota di Indonesia yang kemudian digunakan untuk mengukur risiko dan kerentanan bencana.

Pengadaan indikator-indikator untuk mengukur risiko dan kerentanan bencana melibatkan berbagai pihak seperti Badan Pusat Statistik (BPS, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dan *United Nations University Institute for Environment and Human Security* (UNU-EHS). Oleh karenanya ucapan terima kasih kami sampaikan atas bantuan tersebut. Meskipun semua anggota peneliti sudah berusaha dengan segala kemampuan yang ada mulai dari perencanaan, pengolahan sampai analisis dan penulisan laporan penelitian, namun disadari masih ada kekurangan dalam tulisan ini. Oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan tulisan ini.

Jakarta, November 2017

Penulis

Mengukur Risiko dan Kerentanan Bencana pada Skala Lokal di Indonesia melalui Downscaling World Risk Index

¹Tiodora Hadumaon Siagian dan ²Novia Budi Parwanto
Sekolah Tinggi Ilmu Statistik; ¹theo@stis.ac.id; ²noviabudi@stis.ac.id

Abstract:

Risk and vulnerability assessments are considered to be important for preventing and mitigating greater losses from disasters. Indonesia is among the countries in the world with the highest risk of natural disasters. Therefore, this study aims to assess disaster risk and vulnerability in Indonesia at the district level and then map it to identify districts with relatively high levels of risk and vulnerability. The degree of risk and vulnerability are assessed through a composite index which involves the Analytical Hierarchy process. Disaster risk is measured in Exposure and Vulnerability aspects (which is a combination of Susceptibility and Adaptive Capacity). The study results show that more than half of districts in Indonesia are classified as High disaster risk and about one third are classified as moderate disaster risk. Ten districts with highest disaster risk level are Paniai, Jaya Wijaya, Mappi, Mamberamo Raya, Pohuwato, Deiyai, Southeast Minahasa, Mamberamo Tengah, Asmat and Sampang. The results of this study can be used as the basis for priority targets in various disaster risk reduction programs in Indonesia.

Keywords: *Disasters, Risk and Vulnerability, Indonesia, Analytical Hierarchy Process*

Abstrak:

Pengukuran risiko dan kerentanan dianggap penting untuk mencegah dan mengurangi kerugian yang lebih besar akibat bencana. Indonesia termasuk negara-negara di dunia dengan risiko tertinggi dari bencana alam. Oleh karenanya, penelitian ini bertujuan untuk mengukur risiko dan kerentanan bencana di Indonesia pada tingkat kabupaten/kota dan kemudian memetakannya untuk mengidentifikasi kabupaten/kota dengan tingkat risiko dan kerentanan yang relatif tinggi. Tingkat risiko dan kerentanan diukur dengan indeks komposit melibatkan teknik *Analytical Hierarchy process*. Risiko bencana diukur dalam aspek *Exposure* dan *Vulnerability* (yang merupakan kombinasi *Susceptibility* dan *Adaptive Capacity*). Hasil penelitian menunjukkan lebih dari separuh kabupaten/kota di Indonesia tergolong pada risiko bencana Tinggi dan sekitar sepertiganya tergolong pada risiko bencana sedang. Sepuluh kabupaten/kota yang tergolong memiliki tingkat risiko bencana tertinggi adalah Kabuapten Paniai, Jaya Wijaya, Mappi, Mamberamo Raya, Pohuwato, Deiyai, Minahasa Tenggara, Mamberamo Tengah, Asmat dan Sampang. Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk target prioritas dalam berbagai program pengurangan risiko bencana di Indonesia.

Kata kunci : *Bencana, Risiko dan Kerentanan, Indonesia, Analytical Hierarchy Process*

Sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi dan Batasan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN LITERATUR	5
2.1. Landasan Teori	5
2.2. Penelitian Terkait	6
2.3. Kerangka Pikir	8
BAB III METODOLOGI	9
3.1. Ruang Lingkup Penelitian	9
3.2. Metode Analisis	10
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1. Gambaran Indikator-Indikator dalam Pengukuran Risiko dan Kerentanan Bencana.....	17
4.2. Indeks Risiko dan Kerentanan Bencana.....	21
4.3. Pemetaan Wilayah menurut Tingkat Risiko dan Kerentanan Bencana.....	23
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	27
5.1. Kesimpulan	27
5.2. Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Indikator dan Sumber Data dalam Penelitian.....	10
Tabel 3.2. Indikator Penelitian dan Arahnya	11
Tabel 3.3. <i>Pairwise Comparison Matrix</i> menggunakan Skala Pengukuran Saaty.....	15
Tabel 4.1. Sepuluh Kabupaten/Kota dengan Tingkat <i>Exposure</i> Tertinggi.....	18
Tabel 4.2. Sepuluh Kabupaten/Kota dengan Tingkat <i>Exposure</i> Tertinggi menurut Jenis Bencana.....	18
Tabel 4.3. Sepuluh Kabupaten/Kota dengan Tingkat <i>Susceptibility</i> Tertinggi.....	20
Tabel 4.4. Sepuluh Kabupaten/Kota dengan Tingkat <i>Lack of Adaptive Capacity</i> Tertinggi menurut Jenis Bencana.....	21
Tabel 4.5. Sepuluh Kabupaten/Kota dengan Tingkat <i>Vulnerability</i> Tertinggi.....	22
Tabel 4.6. Kategorisasi Kabupaten/Kota di Indonesia menurut Tingkat Risiko Bencana.....	23
Tabel 4.7. Sepuluh kabupaten/kota dengan Indeks Risiko Bencana tertinggi	24

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Struktur Konsep World Risk Index.....	6
Gambar 2.2. Komponen dan Indikator dalam World Risk Index	7
Gambar 2.3. Kerangka Pikir Pengukuran Risiko dan Kerentanan Bencana.....	8
Gambar 3.1. Diagram Alir Pembuatan Peta Risiko dan Kerentanan Bencana.....	15
Gambar 4.1. Peta Tingkat <i>Exposure</i> Kabupaten/Kota di Indonesia.....	17
Gambar 4.2. Peta Tingkat <i>Susceptibility</i> Kabupaten/Kota di Indonesia.....	19
Gambar 4.3. Peta Tingkat <i>Lack of Adaptive Capacity</i> Kabupaten/Kota di Indonesia.....	20
Gambar 4.4. Peta Tingkat <i>Vulnerability</i> Kabupaten/Kota di Indonesia.....	22
Gambar 4.5. Peta Indeks Risiko Bencana Kabupaten/Kota di Indonesia.....	24
Gambar 4.6. Analisis Kuadran Tingkat <i>Exposure</i> dan <i>Vulnerability</i> kabupaten/kota di Indonesia	26

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana seringkali digambarkan sebagai hasil kombinasi dari paparan, kondisi kerawanan dan kurangnya kapasitas untuk menurunkan atau mengatasi potensi dampak negatif dari bencana. Indonesia termasuk negara-negara di dunia dengan risiko tertinggi dari bencana alam. Menurut *World Risk Report 2015*, Indonesia berada pada peringkat 35 dari 171 negara dengan indeks sebesar 10,39 persen (BEH & UNU-EHS, 2015). Hal ini dapat dipahami karena Indonesia terletak pada titik pertemuan empat lempeng tektonik utama yaitu Lempeng Asia, Lempeng Australia, Lempeng Samudera Hindia dan Lempeng Samudra Pasifik. Selain itu secara geografis Indonesia berada pada daerah Cincin Api Pasifik (*Pacific Ring of Fire*) yang menyebabkan Indonesia sering mengalami bencana gempa dan letusan gunung berapi. Berdasarkan data BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) dalam kurun waktu 2010-2015 terjadi 12.389 kejadian bencana di Indonesia yang menyebabkan 4.667 korban meninggal, 1.213 korban hilang, 15.463 korban luka dan 1.800.480 korban mengungsi (BNPB, 2016). Bahkan dalam dekade terakhir, data BNPB menunjukkan bahwa kejadian bencana alam meningkat secara signifikan khususnya bencana banjir dan tanah longsor yang lebih sering terjadi akibat dari perubahan iklim.

Penelitian pengukuran risiko dan kerentanan dipandang penting sebagai solusi efektif untuk mencegah kerugian yang lebih besar dan untuk menurunkan risiko terhadap dampak bencana alam di masa yang akan datang. Sehingga tidak heran jika pada dekade terakhir, perhatian yang signifikan banyak diberikan untuk pengembangan pengukuran risiko, kerentanan dan ketahanan masyarakat terhadap bencana alam. Beberapa penelitian pengukuran risiko, kerentanan dan ketahanan masyarakat terhadap bencana alam dalam tiga tahun terakhir misalnya Siagian et al. (2014), Chakraborty & Joshi (2016) dan Weis et al. (2016).

Dalam skala global, ada dua ukuran risiko dan kerentanan bencana yang cukup dikenal yaitu *Disaster Risk Index* (DRI) dan *World Risk Index* (WRI). DRI pertama kali dibuat oleh *United Nations Development Programme* (UNDP) pada tahun 2004. DRI merupakan perhitungan rata-rata kematian dalam bencana skala menengah dan skala besar yang diakibatkan oleh gempa bumi, siklon tropis dan banjir berdasarkan data tahun 1980-2000 (BNPB, 2014). Sedangkan WRI pertama kali dibuat oleh *Bündnis Entwicklung Hilft* (BEH) dan *United Nations University Institute*

for Environment and Human Security (UNU-EHS) pada tahun 2011. WRI dibuat untuk mengatasi kelemahan DRI yang hanya memperhitungkan risiko kematian dan kerugian akibat bencana saja. Oleh karenanya WRI dianggap memiliki kelebihan karena juga memperhitungkan paparan (*exposure*) dan kerentanan (*vulnerability*) masyarakat pada bencana alam (Welle & Birkmann, 2015).

WRI adalah suatu indeks komposit untuk mengukur dan mengestimasi risiko multi-bencana (*multi-hazard*) pada level negara dan sejak tahun 2011 WRI terus dihitung secara kontinu setiap tahunnya. Sehingga dengan WRI dimungkinkan dilakukan perbandingan risiko dan kerentanan bencana alam antar negara. WRI dapat digunakan oleh para donor dan organisasi bantuan untuk memahami mengapa beberapa negara tertentu memiliki tingkat risiko bencana yang lebih tinggi dibanding negara lainnya dan berguna untuk menentukan respon mereka saat bencana terjadi. WRI dapat dijadikan dasar untuk respon jangka pendek maupun untuk intervensi jangka panjang. WRI mencakup 4 komponen utama yaitu *Exposure*, *Susceptibility*, *Coping Capacities* dan *Adaptive Capacities* dan mencakup 28 indikator.

Lahirnya Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 dan terbitnya Peraturan Presiden No. 8 Tahun 2008 tentang BNPB menandai perubahan paradigm penanggulangan bencana di Indonesia. Penanggulangan bencana tidak lagi bertumpu pada respon darurat saja melainkan lebih komprehensif mulai dari penanganan darurat, pemulihan, rehabilitasi dan rekonstruksi dan mitigasi bencana. Pentingnya mitigasi bencana dalam program penanggulangan bencana dibuktikan dengan masuknya program pengurangan risiko bencana dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019.

Selain karena letak geografisnya yang menjadikan Indonesia daerah rawan bencana, pembangunan yang terus gencar dilakukan di berbagai wilayah di Indonesia dan urbanisasi yang terus meningkat juga menyebabkan peningkatan paparan bencana alam dan kerentanan masyarakat. Untuk itu pengukuran dan monitoring risiko dan kerentanan bencana menjadi penting dalam perencanaan pengurangan risiko bencana di Indonesia. Dalam rangka penyediaan informasi tingkat kerawanan daerah, Siagian (2014) sudah menghitung indeks kerentanan sosial terhadap bencana alam berdasarkan data tahun 2010. BNPB sudah melakukan penghitungan Indeks Kerawanan Bencana untuk tahun 2009 dan 2011 (BNPB, 2014). Kemudian untuk tahun 2013 terminologi Indeks Rawan Bencana diubah oleh BNPB menjadi Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI) yang dihitung baik pada level provinsi maupun kabupaten/kota. IRBI dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$\text{Risk} = \text{Hazard} \times \frac{\text{Vulnerability}}{\text{Capacity}}$$

Namun penghitungan IRBI ini dianggap tidak didasarkan pada kajian teori yang mendalam seperti WRI yang sudah teruji validitasnya. Sehingga *robustness* dari IRBI yang dihasilkan BNPB dianggap masih meragukan.

1.2 Identifikasi dan Batasan Masalah

Pengukuran risiko, kerentanan dan ketahanan masyarakat terhadap bencana alam mulai banyak mendapat perhatian dalam dekade terakhir. Pada skala global, sudah ada dua ukuran terkenal dalam mengukur risiko dan kerentanan serta ketahanan masyarakat terhadap bencana alam yaitu DRI dan WRI. Sementara dalam skala lokal, sudah ada IRBI yang merupakan ukuran penilaian kemungkinan dari dampak yang diperkirakan apabila bahaya itu menjadi bencana. WRI dianggap memiliki kelebihan dibanding DRI karena selain memperhitungkan kematian dan kerugian akibat bencana, WRI juga memperhitungkan paparan (*exposure*) dan kerentanan (*vulnerability*) masyarakat pada bencana alam. Dibandingkan IRBI, WRI juga dianggap lebih unggul dari sisi kajian teori yang mendasari pengukuran risiko dan kerentanan bencana. Selain itu WRI juga unggul dalam hal metodologi penghitungannya.

Meski WRI memiliki beberapa keunggulan namun karena WRI dihitung pada level negara, WRI dinilai kurang berhasil dalam memperhitungkan variasi spasial yang mendasari lingkungan, sosial ekonomi, infrastruktur serta tata kelola terkait faktor-faktor yang mempengaruhi risiko dan kerentanan pada level sub-nasional. Oleh karena itu dipandang perlu dilakukan *downscaling* WRI pada level kabupaten/kota di Indonesia yang nantinya akan bermanfaat sebagai dasar untuk target secara spasial pada manajemen risiko bencana. Pemilihan pada level kabupaten/kota dianggap tepat karena berdasar UU No. 22 Tahun 1999 tentang Pemerintahan Daerah, pengambilan kebijakan diserahkan ke pemerintah kabupaten/kota. Selain itu upaya ini sesuai dengan Prioritas 1 dalam Kerangka Kerja Sendai untuk Pengurangan Risiko Bencana 2015-2030 yaitu memahami risiko bencana pada tingkat nasional dan lokal.

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka dapat dibuat beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Indikator-indikator apa saja yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat risiko dan kerentanan bencana pada level kabupaten/kota di Indonesia?

2. Bagaimana mengukur tingkat risiko dan kerentanan bencana pada level kabupaten/kota di Indonesia?
3. Bagaimana memetakan wilayah menurut tingkat risiko dan kerentanan bencana pada level kabupaten/kota di Indonesia?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pertanyaan-pertanyaan penelitian di atas maka dapat dijabarkan beberapa tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan indikator-indikator yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat risiko dan kerentanan bencana pada level kabupaten/kota di Indonesia.
2. Mendapatkan ukuran tingkat risiko dan kerentanan bencana pada level kabupaten/kota di Indonesia.
3. Mendapatkan pemetaan wilayah menurut tingkat risiko dan kerentanan bencana pada level kabupaten/kota di Indonesia.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi untuk menjelaskan bagaimana mengukur tingkat risiko dan kerentanan bencana pada level kabupaten/kota. Selain itu juga dapat diperoleh pemetaan wilayah menurut tingkat risiko dan kerentanan bencana. Hasil penelitian dapat dimanfaatkan oleh pemerintah pusat dan pemerintah daerah sebagai acuan perumusan kebijakan dan strategi penurunan risiko bencana. Selain itu hasil penelitian ini juga dapat memberikan informasi bagi BNPB untuk memperbaiki metodenya dalam menghitung indeks risiko dan kerentanan bencana di Indonesia.

BAB II

TINJAUAN LITERATUR

2.1. Landasan Teori

Menurut UU No 24 Tahun 2007, bencana didefinisikan sebagai peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Berdasarkan definisi ini jelas bahwa bencana dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti alam atau manusia, namun demikian penelitian ini hanya akan mencakup pada tujuh bencana alam saja yaitu gempa bumi, tsunami, letusan gunung api, tanah longsor, banjir, kebakaran hutan dan banjir bandang. Dampak dari bencana alam seringkali dihubungkan dengan kerentanan (*Vulnerability*).

Istilah kerentanan atau *Vulnerability* berasal dari bahasa Latin yang artinya ‘terluka’. Ada banyak konsep dan definisi dari kerentanan tergantung dari bidang aplikasinya. Namun pada awalnya definisi kerentanan mengacu pada potensi kehilangan saat bencana alam terjadi (Cutter, 1996). Namun definisi ini kemudian berkembang kearah pendekatan ke-manusianya dimana kerentanan didefinisikan sebagai karakteristik seseorang atau kelompok dan situasi mereka yang mempengaruhi kemampuan dalam mengantisipasi, mengatasi, bertahan dan memulihkan diri dari dampak bencana alam (Wisner et al., 2004). Birkmann (2006) telah mendiskusikan berbagai definisi dari kerentanan.

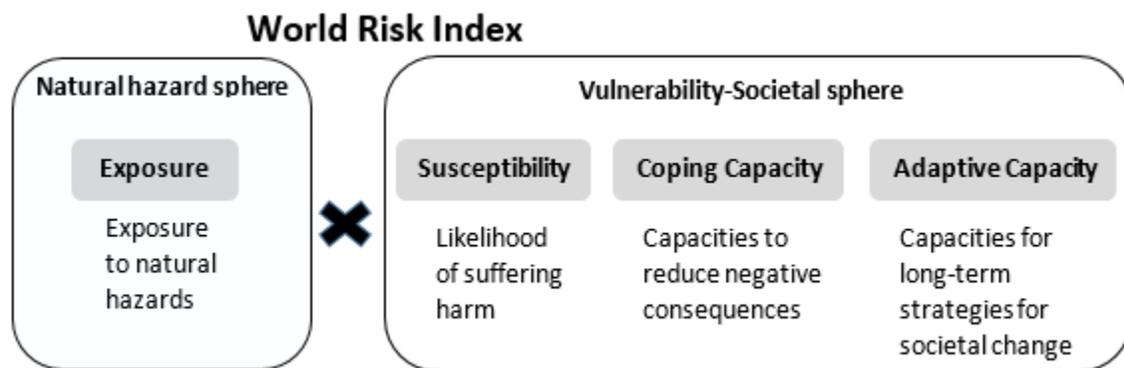
Pengukuran kerentanan dianggap penting untuk mengurangi kerugian akibat bencana. Berbagai pendekatan telah diajukan untuk mengukur kerentanan bencana (Cutter et al., 2003; Hayes et al., 2004) namun sampai saat ini tidak ada satu ukuran pun yang disepakati secara universal termasuk cakupan komponen kerentanan (Schroter et al., 2005). Misalnya UNDP/UNEP membagi indikator kerentanan ke dalam delapan komponen yaitu:

- | | |
|---|------------------------------|
| a) Ekonomi | e) Kesehatan dan sanitasi |
| b) Jenis aktifitas ekonomi | f) Kapasitas peringatan dini |
| c) Ketergantungan dan kualitas lingkungan | g) Pendidikan |
| d) Demografi | h) Pembangunan. |

2.2. Penelitian Terkait

Welle & Birkmann (2015) menjelaskan kerentanan terhadap bahaya bencana alam mencakup kerentanan sistem manusia dan lingkungan (*Vulnerability*) dan kerentanan akan paparan berbagai jenis bencana alam (*Exposure*) yang kemudian diaplikasikan untuk menghitung WRI, suatu indeks untuk mengukur dan mengestimasi risiko multi-bencana pada skala global. Penelitian ini berupaya melakukan downscaling WRI pada skala local yaitu pada level kabupaten/kota di Indonesia sehingga indikator-indikator yang dipakai dalam mengukur risiko dan kerentanan bencana tidak sepenuhnya sama dengan WRI namun disesuaikan dengan kondisi dan ketersediaan data di Indonesia.

Dalam konsep WRI, risiko bencana alam merupakan hasil interaksi dari ancaman fisik dan kerentanan dari berbagai elemen terkait. Sehingga konsep abstrak risiko dan kerentanan dianggap terdiri dari 4 komponen (*Exposure*, *Susceptibility*, *Coping Capacity* dan *Adaptive Capacity*) (lihat Gambar 2.1). Komponen *Exposure* merupakan keterpaparan manusia dari beberapa bencana alam utama (seperti gempa bumi, letusan gunung api dan banjir). Komponen *Susceptibility* merupakan kerawanan masyarakat dan ekosistem saat terjadi bencana. Kerawanan ini dilihat dari berbagai aspek seperti aspek ekonomi, infrastruktur, nutrisi dan kondisi perumahan. Komponen *Coping Capacity* merupakan fungsi dari pemerintah, kesiapsiagaan bencana, sistem peringatan dini (*early warning system*), prasarana medis, keamanan sosial dan ekonomi. Komponen keempat yaitu *Adaptive Capacity* adalah kapasitas dan strategi yang membantu masyarakat menangani dampak negatif dari kejadian bencana alam dan perubahan iklim di masa mendatang.



Sumber: Welle & Birkmann (2015)

Gambar 2.1. Struktur Konsep World Risk Index

Dalam skala global, selain WRI ada juga DRI (*Disaster Risk Index*) untuk mengukur risiko, kerentanan dan ketahanan masyarakat terhadap bencana alam. Namun WRI dianggap memiliki kelebihan dibanding DRI karena selain memperhitungkan kematian dan kerugian akibat bencana, WRI juga memperhitungkan paparan dan kerentanan masyarakat pada bencana alam. WRI dihitung dari 28 indikator dimana 5 indikator mengacu pada komponen *Exposure* dan 23 indikator mengacu pada komponen *Susceptibility*, *Coping Capacity* dan *Adaptive Capacity* (lihat Gambar 2.2).

<p>1. Exposure</p> <p>EXPOSED POPULATION WITH REGARD TO</p> <p>A) Earthquakes B) Cyclones C) Floods D) Droughts E) Sea level rise</p>	<p>2. Susceptibility</p> <p>PUBLIC INFRASTRUCTURE</p> <p>A) Share of population without access to improved sanitation B) Share of population without access to clean water</p> <p>HOUSING CONDITIONS Share of population in slums; proportion of semi-solid and fragile houses → limited data availability</p> <p>NUTRITION</p> <p>C) Share of undernourished population</p> <p>POVERTY AND DEPENDENCIES</p> <p>D) Dependency ratio (proportion of under 15 – and above 65-year-olds in relation to the working population) E) Extreme poverty (population living on less than 1.25 USD (live PPPs) per day)</p> <p>ECONOMIC CAPACITY AND INCOME</p> <p>F) Gross Domestic Product per capita (Purchasing Power Parity) G) Gini-index</p>	<p>3. Coping Capacity</p> <p>GOVERNMENT AND AUTHORITIES</p> <p>A) Corruption Perception Index B) Failed States Index</p> <p>DISASTER PREPAREDNESS AND EARLY WARNING National disaster risk management policy according to the report of UN / ISDR</p> <p>MEDICAL SERVICES</p> <p>C) Number of physicians per 10,000 population D) The number of hospital beds per 10,000 population</p> <p>SOCIAL NETWORKS: NEIGHBORHOOD, FAMILY AND SELF-HELP → No data available</p> <p>MATERIAL COVERAGE</p> <p>E) Insurance (except life insurance)</p>	<p>4. Adaptive Capacity</p> <p>EDUCATION AND RESEARCH</p> <p>A) Adult literacy rate B) Combined gross school enrolment (rate of school-aged children in primary, secondary and tertiary educational institutions)</p> <p>GENDER EQUITY</p> <p>C) Gender parity in education (in primary, secondary and tertiary educational institutions) D) Share of female representatives in the National Parliament</p> <p>ENVIRONMENTAL STATUS / ECOSYSTEM PROTECTION</p> <p>E) Water resources F) Protection of biodiversity and habitats G) Forest management H) Agricultural Management</p> <p>ADAPTATION STRATEGIES Volume of National Adaptation Programmes of Action to Climate Change, Climate Change Convention (available for 45 of the least developed countries)</p> <p>INVESTMENTS</p> <p>I) Life expectancy at birth J) Private health expenditure K) Public health expenditure</p>
---	--	---	---

Sumber: Welle & Birkmann (2015)

Gambar 2.2. Komponen dan Indikator dalam World Risk Index

Penghitungan WRI

Penghitungan WRI dilakukan berdasarkan persamaan 1 s.d 7 di bawah ini dan notasi pada persamaan tersebut mengacu pada kolom-kolom yang disajikan pada Gambar 2.2 (Welle & Birkmann, 2015).

$$Exposure(P)_{per\ negara} = \frac{A+B+C+(0,5 \times D+E)}{\text{Jumlah penduduk}} \quad (1)$$

$$Susceptibility(S) = \left[\frac{2}{7} \times (0,5 \times (A+B)) \right] + \left(\frac{1}{7} \times C \right) + \left[\frac{2}{7} \times (0,5 \times (D+E)) \right] + \left[\frac{2}{7} \times (0,5 \times (F+G)) \right] \quad (2)$$

$$Coping\ Capacity(CC) = \left[0,45 \times (0,5 \times (A+B)) \right] + \left[0,45 \times (0,5 \times (C+D)) \right] + (0,1 \times E) \quad (3)$$

$$Lack\ of\ Coping\ Capacity(LoCC) = 1 - CC \quad (4)$$

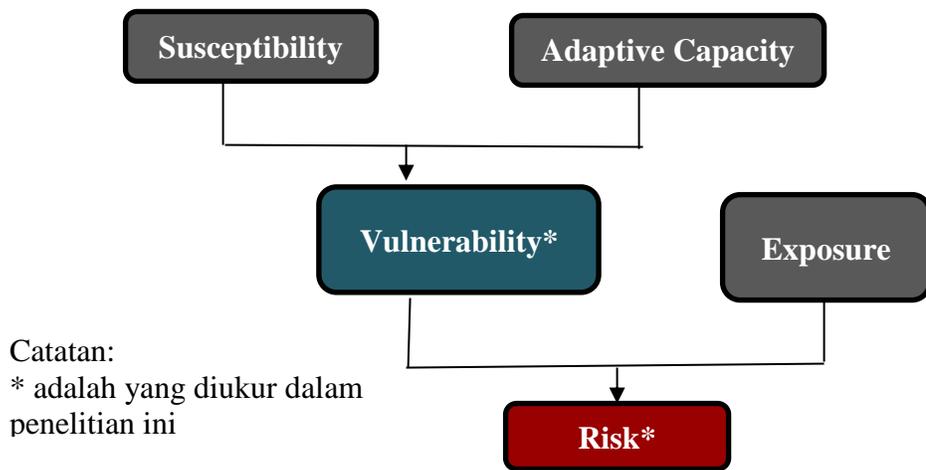
$$Adaptive\ Capacity(AC) = \left[0,25 \times (0,5 \times (A+B)) \right] + \left[0,25 \times (0,5 \times (C+D)) \right] + \left[0,25 \times (0,25 \times (E+F+G+H)) \right] + \left[0,25 \times \left(\frac{1}{3} \times (I+J+K) \right) \right] \quad (5)$$

$$Lack\ of\ Adaptive\ Capacity(LoAC) = 1 - AC \quad (6)$$

$$WRI = P \times \frac{1}{3} (S + LoCC + LoAC) \quad (7)$$

2.3. Kerangka Pikir

Penelitian ini pada awalnya mencoba mengadopsi konsep WRI secara utuh, namun ada kendala keterbatasan ketersediaan data pada level kabupaten/kota yang hanya dapat mencakup 3 komponen saja yaitu komponen *Exposure*, *Susceptibility* dan *Adaptive Capacity*. Untuk itu kerangka pikir yang digunakan dalam pengukuran risiko dan kerentanan bencana dapat digambarkan dalam Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3. Kerangka Pikir Pengukuran Risiko dan Kerentanan Bencana

BAB III METODOLOGI

3.1. Ruang Lingkup Penelitian

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya bahwa penelitian ini berupaya melakukan downscaling WRI. Selanjutnya mengingat WRI adalah indeks komposit untuk mengukur dan mengestimasi risiko multi-bencana, berikut ini disajikan beberapa definisi dari jenis bencana alam yang akan dicakup dalam penelitian ini yaitu (BNPB, 2016):

- a) Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi yang disebabkan oleh tumbukan antar lempeng bumi, patahan aktif, aktivitas gunung api atau runtuhannya batuan.
- b) Banjir adalah peristiwa atau keadaan dimana terendamnya suatu daerah atau daratan karena volume air yang meningkat.
- c) Banjir bandang adalah banjir yang datang secara tiba-tiba dengan debit air yang besar yang disebabkan terbendungnya aliran sungai pada alur sungai.
- d) Tanah longsor merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan, ataupun percampuran keduanya, menuruni atau keluar lereng akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng.
- e) Kebakaran hutan dan lahan adalah suatu keadaan di mana hutan dan lahan dilanda api, sehingga mengakibatkan kerusakan hutan dan lahan yang menimbulkan kerugian ekonomis dan atau nilai lingkungan.
- f) Letusan gunung api merupakan bagian dari aktivitas vulkanik yang dikenal dengan istilah "erupsi". Bahaya letusan gunung api dapat berupa awan panas, lontaran material (pijar), hujan abu lebat, lava, gas racun, tsunami dan banjir lahar.
- g) Tsunami adalah serangkaian gelombang ombak laut raksasa yang timbul karena adanya pergeseran di dasar laut akibat gempa bumi.

Penelitian ini menggunakan data dari berbagai sumber. Sesuai yang dijelaskan dalam Gambar 2.2 pada Bab II, pengukuran risiko bencana dalam penelitian ini mencakup 3 komponen saja untuk 510 kabupaten/kota di Indonesia. Ada sebelas indikator yang digunakan dalam tiga komponen yang dicakup (lihat Tabel 3.1). Tujuh indikator *Exposure* berbagai jenis bencana diperoleh dari BNPB, enam indikator *Susceptibility* dan tiga indikator *Adaptive Capacity* berasal dari berbagai survei BPS. Dua indikator *Adaptive Capacity* dibantu pengadaannya oleh UNU-EHS

menggunakan GIS (*Geographic Information System*) yaitu indikator Hutan lindung dan Tanah yang dilindungi. Indikator Hutan lindung dihitung berdasarkan perubahan tutupan hutan lindung secara global yang datanya diberikan oleh Hansen et al. untuk periode 2000-2015 pada website <https://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>. Sedangkan indikator Tanah yang dilindungi dihitung berdasarkan data yang diberikan UNEP-WCMC World Database pada website <https://www.protectedplanet.net>.

Tabel 3.1. Indikator dan Sumber Data dalam Penelitian

Kategori	Indikator	Sumber data
<i>Exposure</i>	Gempa bumi	BNPB, (Data kondisi 2015)
	Banjir	BNPB, (Data kondisi 2015)
	Banjir bandang	BNPB, (Data kondisi 2015)
	Tanah longsor	BNPB, (Data kondisi 2015)
	Kebakaran hutan	BNPB, (Data kondisi 2015)
	Letusan gunung api	BNPB, (Data kondisi 2015)
	Tsunami	BNPB, (Data kondisi 2015)
<i>Susceptibility</i>	Akses terhadap sanitasi	BPS, (Data kondisi 2015)
	Akses terhadap air bersih	BPS, (Data kondisi 2015)
	Rasio ketergantungan	BPS, (Data kondisi 2015)
	Kemiskinan	BPS, (Data kondisi 2015)
	PDRB per kapita	BPS, (Data kondisi 2015)
	Indeks Gini	BPS, (Data kondisi 2015)
<i>Adaptive Capacity</i>	Angka melek huruf	BPS, (Data kondisi 2015)
	Pemberdayaan gender	BPS, (Data kondisi 2015)
	Tanah yang dilindungi	UNU-EHS (Data kondisi 2017)
	Hutan lindung	UNU-EHS (Data kondisi 2015)
	Angka harapan hidup	BPS, (Data kondisi 2015)

3.2. Metode Analisis

Pengukuran risiko dan kerentanan bencana dilakukan dengan menghitung Indeks komposit yang mengukur perbedaan risiko bencana antar waktu dan antar lokasi. Indeks komposit risiko bencana ini nantinya dipakai untuk mengkategorikan kabupaten/kota menurut tingkat risiko rendah, sedang dan tinggi. Indeks komposit risiko bencana ini merupakan gabungan sub indeks-sub indeks (*Exposure*, *Susceptibility* dan *Adaptive Capacity*) menggunakan indikator-indikator terpilih sesuai Tabel 3.1. Mengingat setiap indikator memiliki skala pengukuran yang berbeda maka terlebih dahulu dilakukan normalisasi data untuk setiap kabupaten/kota. Ada beberapa metode normalisasi data misalnya metode ranking, standarisasi dengan Z-scores, Min-Max, skala kategori dan masih banyak lagi metode lainnya. Namun dalam penelitian ini proses normalisasi data menggunakan metode Min-Max.

Sebelum melakukan normalisasi data sebelumnya dilakukan penilaian indikator mana yang memiliki arah positif dan mana yang memiliki arah negatif terhadap risiko dan kerentanan bencana. Hasil penentuan arah untuk setiap indikator dapat dilihat pada Tabel 3.2. Selanjutnya, rumus normalisasi data untuk indikator yang memiliki arah positif adalah sebagai berikut:

$$Ind_{norm} = \frac{X_a - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (8)$$

Sedangkan rumus normalisasi data untuk indikator yang memiliki arah negatif adalah sebagai berikut:

$$Ind_{norm} = \frac{X_{max} - X_a}{X_{max} - X_{min}} \quad (9)$$

dimana Ind_{norm} adalah nilai indikator yang sudah dinormalisasi, X_a adalah nilai indikator asli dan X_{max} serta X_{min} adalah nilai maksimum dan minimum dari indikator tersebut.

Tabel 3.2. Indikator dan Arahnya

Kategori	Indikator	Arah
<i>Exposure</i>	Gempa bumi	(+)
	Banjir	(+)
	Banjir bandang	(+)
	Tanah longsor	(+)
	Kebakaran hutan	(+)
	Letusan gunung api	(+)
	Tsunami	(+)
<i>Susceptibility</i>	Akses terhadap sanitasi	(-)
	Akses terhadap air bersih	(-)
	Rasio ketergantungan	(+)
	Kemiskinan	(+)
	PDRB per kapita	(-)
	Indeks Gini	(+)
<i>Adaptive</i>	Angka melek huruf	(+)
<i>Capacity</i>	Pemberdayaan gender	(+)
	Tanah yang dilindungi	(+)
	Hutan lindung	(+)
	Angka harapan hidup	(+)

Setelah dilakukan proses normalisasi data, setiap Ind_{norm} diberi bobot menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk membentuk sub indeks-sub indeks. Metode AHP adalah metode pengambilan keputusan multi kriteria (*Muli-Criteria Decision Making*) yang dikembangkan oleh Thomas L Saaty, seorang ahli matematika pada tahun 1970-an dan terus disempurnakan sejak saat itu. Metode AHP merupakan alat pengambilan keputusan yang

menguraikan suatu permasalahan kompleks ke dalam struktur hirarki dengan banyak tingkatan yang terdiri dari tujuan, kriteria dan alternatif. Metode ini sudah secara luas diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti pemerintahan, industri, lingkungan, kesehatan, pendidikan dan banyak bidang lainnya.

Proses hirarki analitis memberikan kerangka yang memungkinkan untuk membuat suatu keputusan yang efektif yang kompleks dengan cara menyederhanakan dan mempercepat proses pendukung keputusan (Saaty, 2008). Proses hirarki analitik pada dasarnya terdiri dari 3 tahap yaitu:

1. Dekomposisi
2. Penilaian komparasi (*Comparative judgement*) dan
3. Penentuan prioritas

Tahapan-tahapan dalam pengambilan keputusan di dalam mengaplikasikan metode AHP terdiri dari:

- a) Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan
- b) Membuat struktur hirarki di mana dimulai dengan menetapkan tujuan umum, lalu kriteria-kriteria dan alternatif-alternatif pilihan yang ingin diranking.
- c) Membentuk matriks perbandingan berpasangan (*pair wise comparison matrix*) yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap indikator terhadap masing-masing kriteria yang setingkat di atasnya. Perbandingan ini dilakukan secara subyektif oleh pembuat keputusan dengan cara menilai tingkat kepentingan suatu indikator dibanding indikator lainnya.
- d) Normalisasi data dengan cara membagi nilai setiap indikator di dalam matriks yang berpasangan dengan nilai total dari setiap kolom.
- e) Menghitung nilai eigen vektor dan menguji konsistensinya. Jika tidak konsisten maka pengambilan data (*preferensi*) perlu diulangi.
- f) Mengulangi langkah 3,4 dan 5 untuk seluruh tingkat hirarki
- g) Mengitung nilai eigen vektor dari setiap matriks perbandingan berpasangan. Nilai eigen vektor ini adalah bobot setiap indikator gunanya adalah untuk mensintesis pilihan dalam penentuan prioritas indikator-indikator pada tingkat hirarki terendah sampai pencapaian tujuan.
- h) Menguji konsistensi hirarki yaitu dengan cara melihat nilai CR (*Consistency ratio*). CR dianggap konsisten jika $< 0,10$.

Hasil *Pairwise comparison matrix* untuk *Exposure*, *Susceptibility* dan *Adaptive Capacity* menggunakan Skala Pengukuran Saaty (Saaty, 2008) dapat dilihat pada Tabel 3.3. Hasil *Pairwise comparison matrix* tersebut selanjutnya digunakan untuk pembentukan bobot dari masing-masing sub-indeks.

Penghitungan sub indeks *Exposure*, *Susceptibility* dan *Adaptive Capacity* dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Sub - indeks} = \sum_{i=1}^n w_i \times u_i \quad (10)$$

dengan w_i adalah bobot untuk setiap indikator, u_i adalah nilai setiap indikator yang sudah dinormalisasi dan n adalah jumlah indikator pada setiap komponen. Kemudian indeks komposit *Vulnerability* diperoleh dengan pendekatan model *additive* dengan rumus sebagai berikut:

$$V = \frac{[S+(1-AC)]}{2} \quad (11)$$

dengan V , S dan AC adalah notasi dari *Vulnerability*, *Susceptibility* dan *Adaptive Capacity*. Nilai dari $(1 - AC)$ menyatakan kekurangan dalam kemampuan untuk beradaptasi apabila terjadi bencana atau *Lack of Adaptive Capacity*.

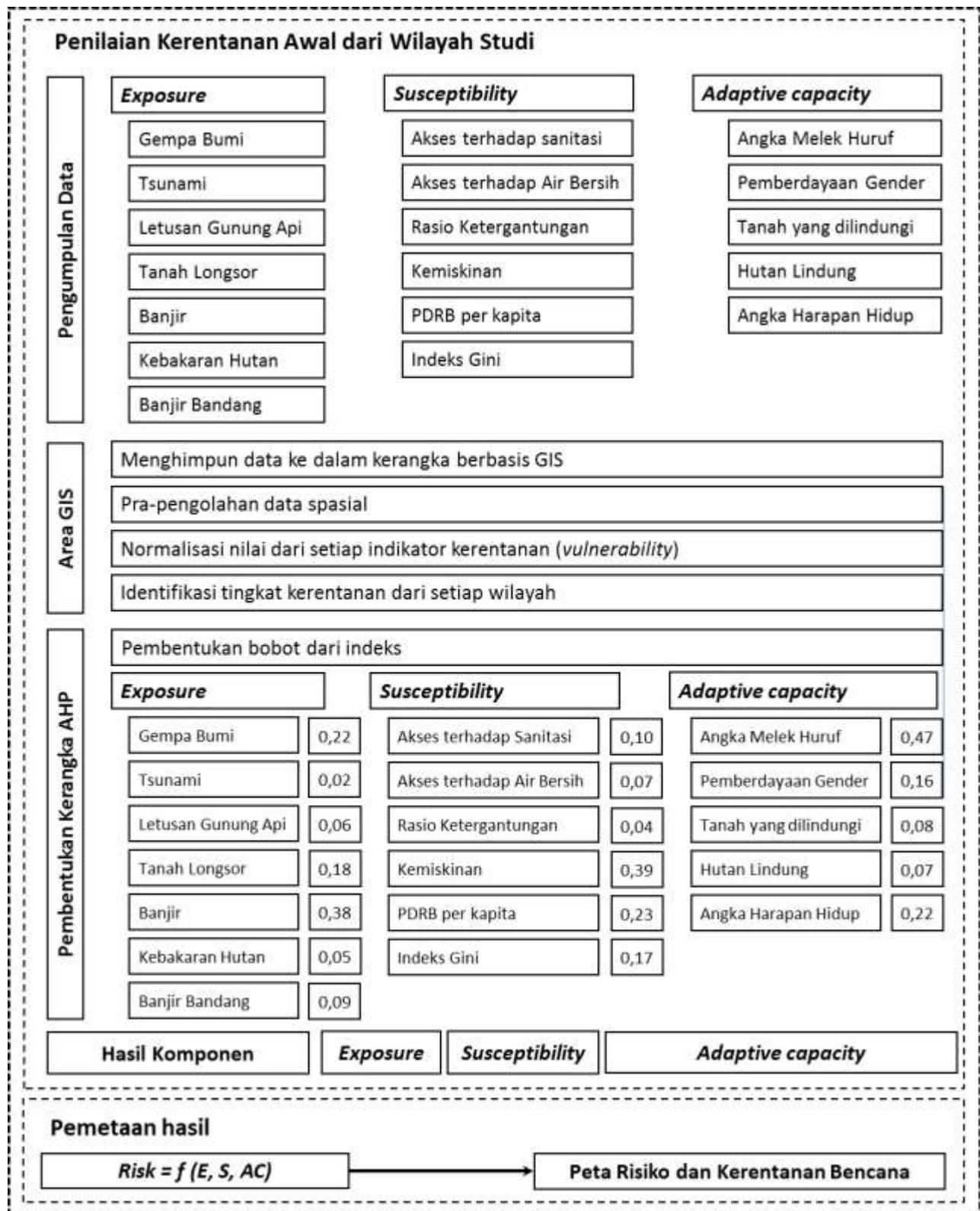
Selanjutnya, sesuai dengan kerangka pikir pada Gambar 2.3, maka dari nilai sub-indeks *Exposure* dan *Vulnerability* dihitung nilai indeks komposit risiko bencana, yaitu dengan cara mengalikan *Exposure* dengan *Vulnerability*, atau $R = E \times V$. Nilai indeks komposit risiko bencana inilah yang nantinya dipakai untuk membuat peta risiko bencana. Secara jelas diagram alir pembuatan peta risiko dan kerentanan bencana disajikan dalam Gambar 3.1.

Tabel 3.3. *Pairwise comparison matrix* menggunakan Skala Pengukuran Saaty (Saaty, 2008)

<i>(a) Exposure</i>							
Indikator	Gempa Bumi	Tsunami	Letusan Gunung Api	Tanah Longsor	Banjir	Kebakaran Hutan	Banjir Bandang
Gempa Bumi	1	8	5	3	1/5	4	3
Tsunami	1/8	1	1/5	1/8	1/9	1/3	1/7
Letusan Gunung Api	1/5	5	1	1/7	1/8	2	1
Tanah Longsor	1/3	8	7	1	1/2	3	2
Banjir	5	9	8	2	1	8	3
Kebakaran Hutan	1/4	3	1/2	1/3	1/8	1	1
Banjir Bandang	1/3	7	1	1/2	1/3	1	1

<i>(b) Susceptibility</i>						
Indikator	Akses terhadap Sanitasi	Akses terhadap Air Bersih	Rasio Ketergantungan	Kemiskinan	PDRB per kapita	Indeks Gini
Akses terhadap Sanitasi	1	2	3	1/5	1/2	1/2
Akses terhadap Air Bersih	1/2	1	2	1/5	1/3	1/2
Rasio Ketergantungan	1/3	1/2	1	1/8	1/5	1/3
Kemiskinan	5	5	8	1	4	1
PDRB per kapita	2	3	5	1/4	1	3
Indeks Gini	2	2	3	1	1/3	1

<i>(c) Adaptive capacity</i>					
Indikator	Angka Buta Huruf	Pemberdayaan Gender	Tanah yang dilindungi	Hutan lindung	Angka Harapan Hidup
Angka Melek Huruf	1	3	4	5	5
Pemberdayaan Gender	1/3	1	2	3	1/2
Tanah yang dilindungi	1/4	1/2	1	1	1/3
Hutan Lindung	1/5	1/3	1	1	1/4
Angka Harapan Hidup	1/5	2	3	4	1



Gambar 3.1. Diagram alir pembuatan peta risiko dan kerentanan bencana

Sengaja dikosongkan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Indikator-Indikator dalam Pengukuran Risiko dan Kerentanan Bencana

Kebijakan tentang penurunan risiko dan kerentanan bencana umumnya dilakukan pada tingkat lokal yaitu oleh pemerintah kabupaten/kota. Untuk itu indikator yang digunakan untuk mengukur risiko dan kerentanan bencana dipilih atas dasar kajian literatur yang intensif dan menyeluruh serta kesinambungan ketersediaan datanya sekaligus dapat diintervensi melalui kebijakan pemerintah. Secara rinci indikator-indikator yang digunakan untuk pengukuran risiko dan kerentanan bencana dalam penelitian ini telah disajikan dalam Tabel 3.1.

Exposure

Pada kategori *Exposure*, indikatornya merupakan persentase penduduk yang ter-*expose* pada 7 jenis bencana alam maupun iklim/cuaca yang banyak terjadi di wilayah Indonesia yaitu gempa bumi, banjir, banjir bandang, tanah longsor, kebakaran hutan, letusan gunung api dan tsunami. Data ini diperoleh dari BNPB pada kondisi tahun 2015. Tingkat *exposure* kabupaten/kota tersebut diklasifikasikan menjadi rendah, sedang, dan tinggi. Terlihat bahwa mayoritas kabupaten/kota di Indonesia berada pada tingkat *exposure* tinggi, yaitu sebesar 77.8 persen. Gambaran tingkat *Exposure* kabupaten/kota di Indonesia dapat disajikan dalam bentuk distribusi spasial yang dikategorikan kedalam 3 kategori menggunakan metode *equal interval* (lihat Gambar 4.1)



Gambar 4.1. Peta Tingkat *Exposure* kabupaten/kota di Indonesia

Selanjutnya Tabel 4.1 di bawah ini menyajikan 10 kabupaten/kota yang memiliki tingkat *Exposure* tertinggi di antara seluruh kabupaten/kota di Indonesia. Jika dilihat dari wilayah geografis, maka kesepuluh kabupaten/kota ini terletak di dekat dengan garis cincin api (*Ring of Fire*). Tiga kabupaten/kota dengan tingkat *exposure* tertinggi adalah Kota Mojokerto, Kota Banda Aceh, dan Kabupaten Musi Rawas Utara. Secara detil tingkat *Exposure* menurut jenis bencana disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1. Sepuluh Kabupaten/Kota dengan Tingkat *Exposure* Tertinggi

No	Provinsi	Kabupaten/Kota	Tingkat <i>Exposure</i> (%)
1	Jawa Timur	Kota Mojokerto	66,91
2	Aceh	Kota Banda Aceh	65,66
3	Sumatera Selatan	Kabupaten Musi Rawas Utara	65,62
4	Jawa Tengah	Kota Pekalongan	65,10
5	Sumatera Utara	Kota Binjai	64,85
6	Sumatera Barat	Kota Solok	64,15
7	Riau	Kabupaten Kampar	63,84
8	Kalimantan Tengah	Kabupaten Pulang Pisau	63,53
9	Sumatera Barat	Kabupaten Pesisir Selatan	63,39
10	Aceh	Kabupaten Aceh Barat	62,96

Tabel 4.2 Sepuluh Kabupaten/Kota dengan Tingkat *Exposure* Tertinggi menurut Jenis Bencana (%)

Kabupaten/ Kota	Gempa Bumi	Banjir	Banjir Bandang	Tanah Longsor	Kebakaran Lahan dan Hutan	Letusan Gunung Berapi	Tsunami
Mojokerto	99,99	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	82,26
Banda Aceh	99,96	32,90	0,00	0,00	99,87	0,00	60,89
Musi Rawas Utara	99,95	0,00	0,00	2,21	90,12	46,02	78,01
Pekalongan	99,99	0,00	0,00	0,00	99,99	0,00	61,61
Binjai	99,98	0,00	0,00	0,00	99,97	10,85	52,31
Solok	99,98	0,00	17,85	2,86	90,97	0,06	70,63
Kampar	99,97	0,00	0,00	0,66	93,34	81,06	25,59
Pulang Pisau	99,91	0,00	0,00	0,00	98,80	81,03	0,00
Pesisir Selatan	99,96	27,34	0,00	10,42	80,04	32,59	81,16
Aceh Barat	99,82	41,55	0,00	0,29	94,64	13,18	42,33

Susceptibility

Hasil perhitungan tingkat *susceptibility* untuk seluruh kabupaten/kota di Indonesia dalam bentuk visual pada Gambar 4.2. Tingkat *susceptibility* tersebut juga diklasifikasikan dalam 3 kategori, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Berdasarkan hasil perhitungan tingkat *susceptibility* yang disajikan dalam bentuk visual tersebut, terlihat bahwa hanya kabupaten/kota di Pulau Kalimantan yang tidak berada dalam tingkat *susceptibility* tinggi. Sementara itu, pada seluruh 4 pulau utama di Indonesia memiliki kabupaten/kota dengan kategori *susceptibility* tinggi, dimana sebanyak 45,4 persen kabupaten/kota berada pada kategori ini. Satu hal yang patut menjadi perhatian adalah, tidak ada kabupaten/kota di Indonesia yang memiliki tingkat *susceptibility* rendah. Hal ini tentu saja menjadi temuan penting dan perlu mendapatkan perhatian lebih dari pemerintah guna mengurangi tingkat *susceptibility* kabupaten/kota di Indonesia.



Gambar 4.2. Peta *susceptibility* kabupaten/kota di Indonesia

Tabel 4.3 di bawah ini menyajikan 10 kabupaten/kota dengan tingkat *susceptibility* tertinggi di Indonesia. Kita dapat melihat bahwa mayoritas kabupaten/kota dengan tingkat *Susceptibility* tertinggi terletak di Provinsi Papua. Tiga kabupaten dengan nilai *susceptibility* tertinggi adalah Kabupaten Mamberamo Tengah (87,06 persen), Kabupaten Lanny Jaya (86,38 persen), dan Kabupaten Paniai (83,32 persen). Perlu diingat bahwa aspek *susceptibility* mencakup kerawanan masyarakat dan ekosistem saat bencana terjadi. Kesepuluh kabupaten tersebut memang memiliki nilai yang rendah pada akses terhadap sanitasi, akses terhadap air bersih dan PDRB perkapita namun memiliki nilai tinggi pada rasio ketergantungan, tingkat kemiskinan, dan Indeks Gini.

Tabel 4.3. Sepuluh Kabupaten/Kota dengan Tingkat *Susceptibility* Tertinggi

No	Provinsi	Kabupaten	Tingkat <i>Susceptibility</i> (%)
1	Papua	Mamberamo Tengah	87,06
2	Papua	Lanny Jaya	86,38
3	Papua	Paniai	83,32
4	Papua	Puncak	82,48
5	Papua	Yalimo	80,24
6	Papua	Deiyai	79,43
7	Papua	Supiori	76,65
8	Papua Barat	Teluk Wondama	75,60
9	Maluku	Maluku Barat Daya	75,50
10	Papua	Yahukimo	75,32

Lack of Adaptive Capacity

Gambaran tingkat *lack of adaptive capacity* disajikan dalam Gambar 4.3 di bawah ini. Dalam gambar tersebut, secara umum terlihat bahwa mayoritas kabupaten/kota di Indonesia berada pada tingkatan *lack of adaptive capacity* yang sedang, yaitu sebesar 82 persen. Hanya sekitar 2,7 persen kabupaten/kota yang memiliki tingkat *lack of adaptive capacity* tinggi, dimana mayoritas kabupaten/kota tersebut terdapat di Provinsi Papua dengan hanya 1 kabupaten di luar Provinsi Papua yaitu Kabupaten Minahasa Tenggara di Provinsi Sulawesi Utara. Sisanya, sebanyak 13,7 persen kabupaten/kota berada pada tingkatan rendah.



Gambar 4.3. Tingkat *lack of adaptive capacity* kabupaten/kota di Indonesia

Berikutnya, 10 kabupaten/kota dengan tingkat *lack of adaptive capacity* tertinggi di Indonesia disajikan pada Tabel 4.4 di bawah ini. Sebagaimana disampaikan sebelumnya, bahwa mayoritas kabupaten/kota dengan tingkat *Lack of adaptive capacity* terletak di Provinsi Papua. Tiga kabupaten dengan nilai *lack of adaptive capacity* tertinggi adalah Kabupaten Nduga (82,84 persen), Kabupaten Minahasa Tenggara (76,45 persen), dan Kabupaten Deiyai (73,94 persen).

Tabel 4.4. Sepuluh Kabupaten/Kota dengan Tingkat *Lack of Adaptive Capacity* Tertinggi

No	Provinsi	Kabupaten	Tingkat <i>Lack of Adaptive Capacity</i> (%)
1	Papua	Nduga	82,84
2	Sulawesi Utara	Minahasa Tenggara	76,45
3	Papua	Deiyai	73,94
4	Papua	Intan Jaya	70,79
5	Papua	Puncak	70,28
6	Papua	Yalimo	70,21
7	Papua	Mamberamo Tengah	69,12
8	Papua	Pegunungan Bintang	67,53
9	Papua	Lanny Jaya	60,91
10	Papua	Paniai	57,93

4.2 Indeks Risiko dan Kerentanan Bencana

Vulnerability

Selanjutnya, berdasarkan hasil perhitungan tingkat *susceptibility* dan *lack of adaptive capacity* dapat dihitung tingkat kerentanan (*vulnerability*) dari seluruh kabupaten/kota di Indonesia. Secara visual, hasil perhitungannya disajikan pada Gambar 4.4 di bawah ini. Dari gambar ini terlihat bahwa tidak satupun kabupaten/kota di Indonesia yang memiliki tingkat *vulnerability* rendah. Hanya sebanyak 10,8 persen kabupaten/kota yang memiliki tingkat *vulnerability* sedang. Sisanya, dan ini merupakan mayoritas, sebanyak 87,6 persen kabupaten/kota berada pada tingkat *vulnerability* tinggi, dengan mayoritas kabupaten/kota tersebut terdapat di Pulau Papua, yaitu sebanyak 40 persen dari kabupaten/kota dengan tingkat *vulnerability* tinggi.



Gambar 4.4. Tingkat *vulnerability* kabupaten/kota di Indonesia

Tabel 4.5 berikut ini menyajikan 10 kabupaten/kota dengan tingkat *vulnerability* tertinggi di Indonesia. Tiga kabupaten/kota yang memiliki tingkat *vulnerability* tertinggi adalah Kabupaten Mamberamo Tengah (52,06 persen), disusul oleh Kabupaten Deiyai (51,12 persen), dan Kabupaten Puncak (50,92 persen). Dari tabel ini juga terlihat 9 kabupaten ada di Provinsi Papua dan 1 kabupaten dari Provinsi Sulawesi Utara, yaitu Kabupaten Minahasa Tenggara. Temuan yang menarik adalah untuk tingkat Lack of Adaptive Capacity, Kabupaten Minahasa Tenggara menduduki peringkat tertinggi kedua namun pada tingkat *vulnerability*, kabupaten Minahasa Tenggara hanya menduduki peringkat ke tujuh. Hal ini disebabkan karena pada aspek susceptibility di Kabupaten Minahasa Tenggara tidak terlalu tinggi.

Tabel 4.5. Sepuluh Kabupaten/Kota dengan Tingkat *Vulnerability* Tertinggi

No	Provinsi	Kabupaten	Tingkat <i>Vulnerability</i> (%)
1	Papua	Mamberamo Tengah	52,06
2	Papua	Deiyai	51,12
3	Papua	Puncak	50,92
4	Papua	Yalimo	50,15
5	Papua	Lanny Jaya	49,10
6	Papua	Intan Jaya	48,55
7	Sulawesi Utara	Minahasa Tenggara	47,32
8	Papua	Paniai	47,08
9	Papua	Nduga	46,84
10	Papua	Pegunungan Bintang	45,25

Nilai indeks risiko bencana atau *disaster risk index* merupakan hasil perkalian antara aspek *exposure* dengan *vulnerability*. Sebagaimana dijelaskan di dalam UU No 24 tahun 2007, BNPB dan BPBD bertanggung jawab mengkompilasi, mengidentifikasi dan menginformasikan peta kerentanan. Terkait hal ini, identifikasi wilayah mana yang memiliki tingkat risiko dan kerentanan bencana tinggi adalah penting untuk itu dilakukan kategorisasi nilai indeks komposit risiko dan kerentanan dari 510 kabupaten/kota ke dalam 3 kelompok yaitu kerentanan dengan tingkat rendah, sedang dan tinggi. Proses kategorisasi terhadap indeks risiko bencana tersebut dilakukan dengan menggunakan teknik *equal interval*.

Hasil kategorisasi indeks risiko untuk kabupaten/kota dapat dilihat pada Tabel 4.6. Dari tabel ini terlihat bahwa mayoritas kabupaten/kota di Indonesia memiliki tingkat risiko tinggi, yaitu sebanyak 59,1 persen serta sebanyak 37,3 persen memiliki tingkat risiko sedang. Hanya sebanyak sedikit sekali (2,1 persen) kabupaten/kota di Indonesia yang memiliki risiko bencana alam rendah. Temuan ini sangat memprihatinkan dan perlu segera disikapi dengan segera oleh pemerintah Pusat dan pemerintah daerah kabupaten/kota agar kerugian akibat bencana alam dapat diminimalisasi.

Tabel 4.6. Kategorisasi kabupaten/kota di Indonesia menurut tingkat Risiko Bencana, 2015

Tingkat kerentanan	Jumlah kabupaten/kota	Persentase
Rendah	11	2.1
Sedang	193	37.3
Tinggi	306	59.1

4.3 Pemetaan Wilayah menurut Tingkat Risiko dan Kerentanan Bencana

Berdasarkan hasil perhitungan nilai indeks risiko bencana, tentunya diperlukan juga untuk melakukan visualisasi terhadap kategorisasi indeks risiko bencana kabupaten/kota, sehingga proses identifikasi dapat secara tepat dilakukan. Untuk proses identifikasi secara visual tersebut, Gambar 4.5 di bawah ini dapat digunakan.



Gambar 4.5. Peta Indeks Risiko Bencana Kabupaten/Kota di Indonesia

Tabel 4.6 di bawah ini menyajikan 10 kabupaten/kota dengan tingkat risiko bencana tertinggi di Indonesia. Terlihat bahwa mayoritas kabupaten/kota tersebut terletak di wilayah Indonesia Bagian Timur. Besar kemungkinan tingginya indeks risiko di wilayah Indonesia Bagian Timur ini dikarenakan tingginya tingkat *vulnerability* yang dimiliki. Tiga kabupaten/kota dengan tingkat risiko bencana tertinggi adalah Kabupaten Paniai (22,93 persen), diikuti oleh Kabupaten Jaya Wijaya (22,46 persen) dan Kabupaten Mappi (22,30 persen).

Tabel 4.7. Sepuluh kabupaten/kota dengan Indeks Risiko Bencana tertinggi (%)

Kabupaten/Kota	Exposure	Vulnerability	Disaster Risk
Kabupaten Paniai	48,70	47,08	22,93
Kabupaten Jaya Wijaya	52,82	42,51	22,46
Kabupaten Mappi	59,50	37,49	22,30
Kabupaten Mamberamo Raya	53,67	41,05	22,03
Kabupaten Pohuwato	59,19	36,47	21,59
Kabupaten Deiyai	41,96	51,12	21,45
Kabupaten Minahasa Tenggara	44,91	47,32	21,25
Kabupaten Mamberamo Tengah	40,19	52,06	20,92
Asmat	58,90	35,46	20,88
Sampang	52,85	39,05	20,64

Analisis kuadran adalah teknik analisis deskriptif yang cukup efektif untuk melihat keterkaitan antara tingkat *Exposure* dan *Vulnerability* karena dapat disajikan dalam bentuk kuadran 2 dimensi yang bersifat grafis dan mudah diinterpretasi (lihat Gambar 4.6). Gambar ini

menyajikan hasil analisis kuadran antara tingkat *exposure* dan *vulnerability* kabupaten/kota di Indonesia. Dari Gambar 4.6, terlihat bahwa kabupaten/kota yang sangat perlu mendapatkan prioritas dalam peningkatan ketangguhan dalam menghadapi bencana adalah kabupaten/kota yang terletak pada Kuadran IV. Kabupaten/kota yang terletak pada kuadran IV merupakan kabupaten/kota yang memiliki tingkat *Exposure* dan tingkat *Vulnerability* di atas rata-rata. Sebagai contoh Kabupaten Asmat, Kepulauan Aru, Mamberamo Raya, Sarolangun, Bojonegoro, Kediri dan Dompu. Meski demikian kabupaten/kota yang berada di Kuadran I dan III juga perlu diwaspadai mengingat kabupaten/kota di kuadran I dan III ini memiliki tingkat *Exposure* atau tingkat *Vulnerability* yang tinggi, jauh lebih tinggi di atas rata-rata. Contohnya Kabupaten Aceh Tamiang, Rokan Hilir, Padang Lawas termasuk Kota Jakarta Selatan dan Kota Medan berada pada Kuadran I artinya persentase penduduk yang terpapar bencana alam di wilayah ini sangat banyak sehingga sangat tinggi risikonya jika terjadi bencana.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini diberikan beberapa kesimpulan berdasarkan hasil dan pembahasan pada Bab IV. Selain itu juga dikemukakan beberapa saran terkait hasil penelitian dan untuk keberlanjutan penelitian pengukuran risiko dan kerentanan bencana.

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka disimpulkan bahwa downscaling WRI terbukti dapat dilakukan dan memberikan informasi yang bermanfaat dalam mengukur risiko dan kerentanan bencana di Indonesia. Secara rinci kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Dari 4 komponen WRI yaitu *Exposure*, *Susceptibility*, *Coping Capacity* dan *Adaptive Capacity* dengan 28 indikator ternyata hanya 3 komponen (*Exposure*, *Susceptibility* dan *Adaptive Capacity*) dan 11 indikator yang bisa tersedia pada level kabupaten/kota di Indonesia.
- b) Metode *equal weight* pada WRI dianggap kurang cocok untuk diaplikasikan pada pengukuran risiko dan kerentanan level kabupaten/kota di Indonesia, sehingga dipilih metode pembobotan dengan AHP yang terbukti cukup efektif dan ditunjukkan dari nilai CR nya yang kurang dari 0,10.
- c) Hampir semua wilayah kabupaten/kota di Indonesia memiliki tingkat *Exposure* yang tinggi dan Kota Mojokerto di Provinsi Jawa Timur memiliki tingkat *Exposure* tertinggi.
- d) Umumnya kabupaten/kota dengan tingkat *Susceptibility* yang tinggi berada di wilayah Indonesia Bagian Timur dan Kabupaten Mamberamo Tengah di Provinsi Ppapua memiliki tingkat *Susceptibility* tertinggi.
- e) Tingginya tingkat *Lack of Adaptive Capacity* umumnya terjadi di kabupaten/kota di di wilayah Indonesia Bagian Timur dan Kabupaten Nduga di Provinsi Ppapua memiliki tingkat *Lack of Adaptive Capacity* tertinggi.
- f) Tingginya tingkat kerentanan (*vulnerability*) sangat mempengaruhi tingginya indeks risiko bencana dan Kabupaten Mamberamo Tengah di Provinsi Papua memiliki tingkat *Vulnerability* tertinggi.
- g) Berdasarkan hasil kategorisasi indeks risiko bencana diketahui bahwa mayoritas kabupaten/kota di Indonesia tergolong pada tingkat risiko tinggi. Kemudian sembilan dari

sepuluh kabupaten/kota dengan indeks risiko bencana tertinggi berada di Provinsi Papua dan Kabupaten Paniai memiliki indeks risiko tertinggi.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil dan kesimpulan yang telah diperoleh, maka peneliti dapat memberikan saran sebagai berikut.

- a) Mengingat wilayah Indonesia secara geografis memang terletak di wilayah rawan bencana alam sehingga dari aspek *Exposure* agak sulit melakukan intervensi. Namun demikian pemerintah dan masyarakat secara bersama-sama dapat menurunkan risiko dan kerentanan bencana pada aspek *Susceptibility* dan *Adaptive Capacity*.
- b) Pemerintah Pusat dan pemerintah daerah sangat perlu memberikan prioritas dalam program penurunan risiko dan kerentanan bencana untuk kabupaten/kota yang terletak pada Kuadran IV.
- c) Untuk penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penggunaan metode statistik lain seperti *Structural Equation Modelling-Partial Least Square* (SEM-PLS) atau dapat menggunakan metode pembobotan lain seperti metode TOPSIS-ENTROPY dalam menghitung Indeks Risiko Bencana di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS). (2015). *Statistical year Book of Indonesia 2015*. BPS
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2013). *Indeks Risiko Bencana Indonesia*. Jakarta, BNPB.
- BNPB. (2016). *Definisi dan Jenis Bencana*. Diakses pada 13 Juli 2016 dari <http://www.bnpb.go.id/pengetahuan-bencana/definisi-dan-jenis-bencana>
- Birkmann, J. (2006). Measuring Vulnerability to Promote Disaster-Resilient Societies: Conceptual Framework and Definitions. dalam J. Birkmann (Ed), *Measuring Vulnerability to Natural Hazards* (hal. 9-54). New York: United Nations University Press.
- Chakraborty, A. & Joshi, P.K. (2016). Mapping Disaster Vulnerability in India using Analytical Hierarchy Process. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, Vol. 7 (1), hal. 308-325.
- Cutter, S.L. (1996). Vulnerability to Environmental Hazards. *Progress in Human Geography*, 20(4), 529-539.
- EM-DAT (2016). *Country Profile*. Diakses pada 13 Juli 2016 dari http://www.emdat.be/country_profile/index.html
- Saati, T.L. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal Services Sciences*, Vol. 1 (1), hal. 83-98.
- Siagian, T.H., Puhadi, Suhartono dan Ritonga, H. (2014). Social Vulnerability to Natural Hazards in Indonesia: Driving Factors and Policy Implications. *Natural Hazards, Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards*, Vol. 70 (2), hal. 1603-1617, Springer. DOI 10.1007/s11069-013-0888-3.
- Siagian, T. H. (2014). *Robust Model-Based Clustering dengan Distribusi t Multivariat dan Minimum Message Length*. Unpublished Disertasi. Surabaya: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Noverber.
- Weis, S.W.M., Agostini, V.N., Roth, L.M., Gilmer, B., Schill, S.R., Knowles, J.E. & Blyther, R. (2016). Assessing Vulnerability: An Integrated Approach for Mapping Adaptive Capacity, Sensitivity, and Exposure. *Climatic Change*, Vol. 136, hal. 615-629, Springer. DOI: 10.1007/s10584-016-1642-0.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T. & Davis, I. (2004). *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*, 2nd edition. London: Routledge.
- Welle, T. & Birkmann, J. (2015). The World Risk Index-An Approach to Assess Risk and Vulnerability on a Global Scale. *Journal of Extreme Events*, Vol. 02, No.01. DOI: 10.1142/S2345737615500037