

OPERASI UDARA KHUSUS TNI ANGKATAN UDARA MENGHADAPI ANCAMAN SESAR LEMBANG

Tri Nur Addin¹, Adi Subiyanto², Muhamad Ikhsan³

¹Pasis Seskoau A-59 TP. 2022

²Kelompok Ahli Dinas Psikologi TNI Angkatan Udara dan Program Studi Manajemen Bencana,
Universitas Pertahanan Republik Indonesia

³Inspektorat Jenderal TNI Angkatan Udara

Email: dani44sukhoi@yahoo.com

Abstrak

Teori dalam penelitian ini adalah teori operasi udara khusus, teori bencana, kerentanan, kapasitas wilayah, risiko, dan ketahanan. Metode penelitian menggunakan metode kualitatif dengan teknik triangulasi sumber menggunakan software GIS dan Powersim. Hasil dari kajian ini adalah, pertama pelaksanaan OPDPB melalui Operasi Pendahuluan (Satgas Teritorial, Satgas Penerangan, Satgas Elemen Pangkalan Udara, Satgas Pasgat, dan Satgas Penunjang Penerbangan), Operasi Dasar (Satgas Penerangan, Satgas Gabungan, Elemen Transportasi C-130, Elemen Helikopter), Operasi Pemutusan (Satgas Hukum, Satgas Info). Kedua, peta geospasial sebaran tingkat risiko multi hazard dengan tingkat Risiko Rendah 0,32 (Kabupaten Purwakarta dan Subang), dan tingkat Risiko Tinggi 0,68% (Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat, Kota Cimahi, Bandung Kota, dan Kabupaten Sumedang). Ketiga, rekomendasi pengurangan risiko bencana dengan mengurangi nilai kerawanan sosial, kerawanan fisik, kerawanan ekonomi, dan kerawanan lingkungan melalui penguatan ketahanan (PSBB, kearifan lokal, relawan) menghadapi ancaman Sesar Lembang.

Kata Kunci: Multihazard, Kerentanan, Kapasitas Wilayah, Risiko, Pengurangan Risiko Bencana, Ketahanan.

Abstract

The theory in this research is the theory of special air operations, disaster theory, vulnerability, regional capacity, risk, and resilience. The research method uses qualitative methods with source triangulation techniques using GIS and Powersim software. The results of this study are, first, the implementation of OPDPB through Preliminary Operations (Territorial Task Force, Information Task Force, Air Base Elements, Pasgat Task Force, and Aviation Support Task Force), Basic Operations (Information Task Force, Joint Task Force, C-130 Transport Element, Helicopter Element), Termination Operations (Legal Task Force, Info Task Force). Second, the geospatial map of the distribution of multi-hazard risk levels with a Low-Risk level of 0.32 (Kabupaten Purwakarta and Subang), and a High-Risk level of 0.68% (Bandung Regency, West Bandung Regency, Cimahi City, Bandung City, and Sumedang Regency). Third, recommendations for disaster risk reduction by reducing the value of social vulnerability, physical vulnerability, economic vulnerability, and environmental vulnerability through strengthening resilience (PSBB, local wisdom, volunteers) to face the threat of the Lembang Fault.

Keywords: Multihazard, Vulnerability, Regional Capacity, Risk, Disaster Risk Reduction, Resilience.

A. PENDAHULUAN

Operasi militer yang diselenggarakan secara profesional, efektif, dan modern oleh Tentara Nasional Indonesia Angkatan Udara (TNI AU), menyesuaikan dengan jenis ancaman yang timbul baik ancaman militer maupun ancaman nonmiliter. Dalam pelaksanaannya disesuaikan dengan penggunaan kekuatan TNI AU di bawah payung hukum Operasi Militer Perang (OMP) dan Operasi Militer Selain Perang (OMSP). Penggunaan kekuatan dalam OMSP untuk mengatasi ancaman dan gangguan terdiri dari operasi tempur dan operasi non tempur (Mabesau, 2019). Komando Operasi TNI Angkatan Udara I (Koopsud I) sebagai salah satu Komando Utama Operasi TNI AU (Kotamaops) mempunyai tugas menyelenggarakan Operasi Udara Khusus (OUK), dimana operasi ini merupakan operasi dengan target khusus yang diawaki personel, teknik, taktik, organisasi, perlengkapan, peralatan, latihan, dan pendidikan yang khusus pula guna meraih kelancaran Operasi Udara yang terdiri dari Operasi Rekonstruksi Pangkalan Udara (ORPU), Operasi Pengendalian Depan Penanggulangan Bencana (OPDPB), Operasi Pencarian dan Pertolongan (OPP), Operasi SAR Tempur (Ops Sarpur), Operasi Perlindungan Kekuatan Udara (OPKU), Operasi Khusus, Operasi Perebutan dan Pengoperasian Pangkalan Udara (OP3U), Operasi Udara Modifikasi Cuaca (OUMC), dan Operasi Udara Penanggulangan Kebakaran (OUPK), serta operasi lain yang mendukung operasi udara khusus sesuai kebijakan Panglima TNI.

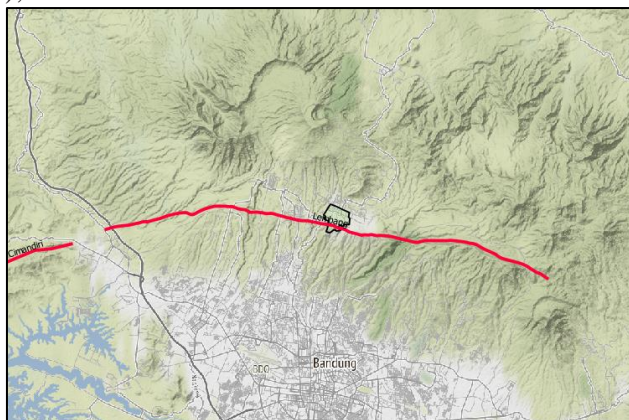
Penelitian ini membahas tentang OPDPB di wilayah tanggung jawab Koopsud I (Sumatera, Kalimantan bagian barat dan sebagian Jawa) dengan pembagian, pertama, babak penangkalan, melalui strategi pencegahan/prevention (pembangunan sarana dan prasarana), mitigasi/mitigation (pemetaan, penyiapan perangkat lunak, penyiapan program penanggulangan, monitoring dan evaluasi), kesiapsiagaan/preparedness (penyiapan posko publikasi dan latihan). Kedua, babak penindakan, melalui kegiatan tanggap darurat (response). Ketiga, babak pemulihan, melalui kegiatan rehabilitasi (recovery), rekonstruksi (pembangunan kembali), dan resiliensi.

Bandung sebagai Ibu Kota Provinsi Jawa Barat terletak ± 140 Km dari Tenggara Kota Jakarta dengan kondisi alam dikelilingi perbukitan dan gunung berapi, bagian utara terdapat Gunung Tangkubanperahu, Burangrang, Lingkung, Simbul, Manglayang dan Kareumbi, sedangkan sebelah selatan terdapat Gunung Bubut, Haruman, Malabar, Sanggar, Salam, Kromong, Geulis Bukit Cula dan Mandalawangi. Sebagian wilayahnya dilalui oleh jalur Sesar aktif seperti Tanjungsari-Cileunyi, Lembang, Cicalengka, Jati, dan Legok Kole (Marjiyono, 2008) dengan tipe sesar mendatar mengiri, yang merupakan orde kedua sesar utama Jawa (Situmorang et.al, 1976) membentang mulai Barat Daya ke Timur Laut.

Sesar aktif ini membawa konsekuensi alam berupa gempa dengan skala besar maupun mikro, tidak terasa oleh manusia (berskala < 3 mb) dengan pusat gempa dangkal 3-5 Km bersistem *thrusting* (naik) dan gempa dalam 6-7 Km bersistem sinistral (mengiri) (Rasmid, 2014). Gempa sesar ini menyebabkan bencana gempabumi di permukaan. Sebagai contoh gempabumi dengan kekuatan 3,5 SR kedalaman 2 Km dengan Skala Intensitas II MMI di Pelabuhan Ratu tanggal 22 Maret 2020 (44 Km Barat Daya Kota Sukabumi). Hiposenter dan episenternya mencirikan gempa kerak dangkal (shallow crustal earthquake) disebabkan aktifitas Sesar Cimandiri. Begitu pula gempabumi pada 10 Maret 2020 di Sukabumi berkekuatan 5,1 SR yang menimbulkan kerusakan di Kalapanunggal dan sekitarnya akibat sesar Citarik yang letaknya sebelah barat Sesar Cimandiri (Mela, 2020). Gempabumi yang terjadi dengan kekuatan 3.2 SR dan 2.6 SR, masing-masing pada tanggal 8 Februari dan 25 Juni 2019, disebabkan aktifitas Sesar Baribis Segmen Ciremai, yang di masa depan berpotensi gempa maksimal dengan kekuatan M 6.5 (Prisca, 2019). Gempabumi yang pernah terjadi akibat Sesar Lembang pada 22 Juli 2011 berkekuatan 3,4 SR di kedalaman 6 Km (Cecep dan Hidayati, 2011). Kemudian pada 28 Agustus 2011 di Kampung Muril, Desa Jambudipa, Kec. Cisarua Kabupaten Bandung Barat menyebabkan 8 rumah rusak berat dan 105 rusak ringan

dengan kekuatan 3,3 SR.

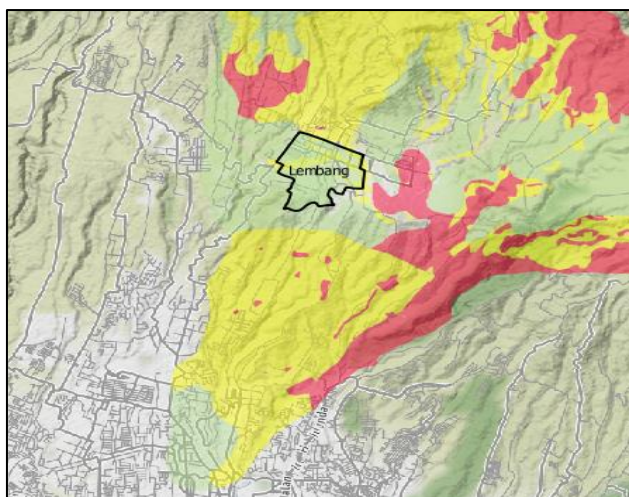
Banyak penelitian yang membahas tentang ancaman Sesar Lembang seperti penelitian berjudul Sesar Lembang dan Risiko Kegempaan (Agung dan Faisal, 2007), Aktifitas Sesar Lembang di Utara Cekungan Bandung (Rasmid, 2014), dan Analisis Spasial Gempabumi Lembang (Fajar, 2020), dan lain-lain.



Gambar 1. Sesar Lembang dan Sesar Cimandiri

Sumber: BIG dengan pengolahan data primer, (2022)

Penelitian tersebut membahas pergerakan sesar yang menyebabkan bencana gempabumi dan memetakan tingkat bahayanya, namun dari beberapa penelitian dijumpai bahwa ruang lingkup persoalan belum menyentuh tentang bencana susulan setelah terjadi gempabumi, yakni bencana tanah longsor. Prediksi terjadinya bencana tanah longsor ini sangat memungkinkan dengan melihat faktor geomorfologi, tata guna lahan, kemiringan lereng, sungai, dan kandungan tanah serta intensitas hujan di sekitar Sesar Lembang. Gempabumi dapat menyebabkan reruntuhan, tanah longsor, dan bencana geologi lainnya, yang akan berdampak pada kerusakan ekologi, dan kelangsungan produksi masyarakat yang terkena bencana (Shi, 2019).



Gambar 2. Ancaman Longsor Lembang

Sumber: File.shp BIG dengan pengolahan data primer, (2022)

Kerusakan infrastruktur, kematian dan kerugian ekonomi akibat bencana alam dapat dicegah dan diturunkan melalui usaha pengurangan risiko bencana, yaitu upaya yang ditempuh untuk mencegah timbulnya kematian, besaran populasi yang terdampak, menurunkan keterpaparan, kerentanan dan meningkatkan resiliensi melalui peningkatan kesiapsiagaan, dan tanggap darurat serta pemulihan. Pengurangan risiko bencana dari ancaman Sesar Lembang dalam penelitian ini merupakan rangkaian kegiatan yang terdiri atas dua variabel utama yaitu bencana gempabumi dan bencana tanah longsor yang dianalisis melalui komponen bahaya

(hazard) gempabumi, kerentanan (vulnerability), kapasitas daerah (capacity), geomorfologi, kemiringan lereng, tata guna lahan, jenis tanah, dan curah hujan. Analisis ini perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat risiko masing-masing bencana yang diproyeksikan menjadi sebuah peta bencana dengan harapan dapat digunakan sebagai pedoman melakukan upaya mengurangi dampak yang ditimbulkan.

B. KAJIAN PUSTAKA

1. Kekuatan Udara

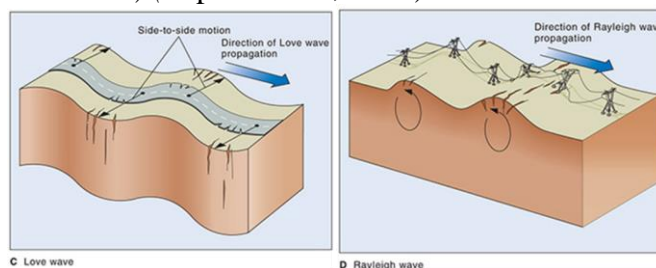
Kekuatan udara merupakan kekuatan negara di ruang udara (*aerospace power*), dengan batasan yang disampaikan oleh Cooper dalam Frien (2010), yakni kemampuan total suatu negara menggunakan kekuatan udaranya dalam bertindak dan mengontrol ruang udara wilayahnya, serta berbuat sesuatu melalui media udara, didukung angkatan udara sebagai sarana militer utama. Unsur utama ini berupa alat peralatan pertahanan dan keamanan (alpalhankam) yang bergerak dan beroperasi di udara dengan kemampuan operasional bertumpu pada sifat-sifat media udara.

2. *Geographic Information System (GIS)*

GIS merupakan perangkat lunak geospasial yang dimanfaatkan sebagai alat menganalisis data geospasial, proses citra digital, gambar, grafis, peta, *spasial model*, dan visualisasi yang mampu menangani data raster, vektor topologi, pengolahan citra, dan grafika. Steven J. Anderson, John E. Harmon, 2003, dalam Prahasta (2009), GIS beroperasi menggunakan elemen pendukung seperti operator, analis, *programmer*, aplikasi, data grafis dan data atribut, data posisi, koordinat, grafis, ruang, spasial, software, *hardware* dan *software* lainnya. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak *ArcmapGis* untuk membuat peta risiko multibahaya guna mendukung operasi udara khusus pada penanggulangan bencana.

3. Aktivitas Sesar Lembang (Ancaman Gempabumi dan Tanah Longsor)

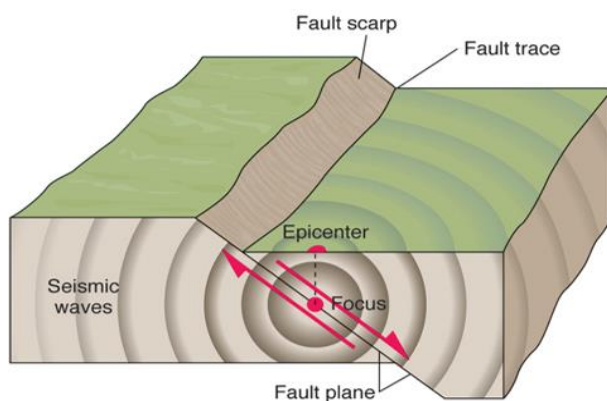
Aktivitas sesar diawali dengan pengetahuan gelombang seismik, yakni gelombang yang menjalar di dalam bumi, dihasilkan gaya dorong seperti gempa atau ledakan, dengan dua jenis getaran yakni gelombang badan (gelombang P dan S) dan gelombang permukaan (gelombang *Rayleigh* dan *Love*) (Saputra *et al.*, 2011).



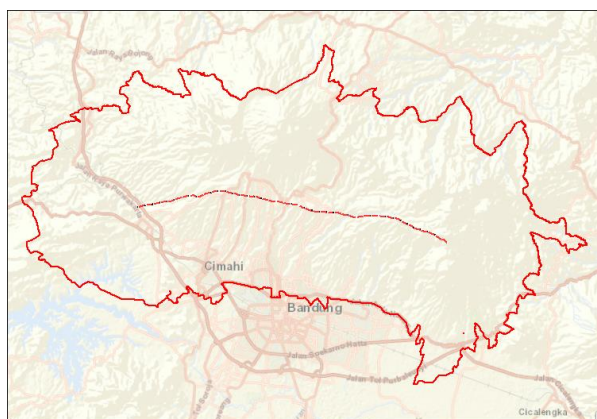
Gambar 3. Love Wave (bergerak menyamping kiri-kanan) dan Rayleigh Wave (bergerak turun naik dan lebih destruktif)

Sumber: Plummer *et al.*, (2015.)

Sesar merupakan rekahan pada segala jenis bebatuan yang mengalami pergeseran sampai ribuan meter, digolongkan menjadi tiga, yakni sesar normal, sesar mendatar dan sesar naik (Pantosti *et.al.*, 2000). Pergerakan sesar ini mengakibatkan gempabumi dan tanah longsor (Sieh, 2019).

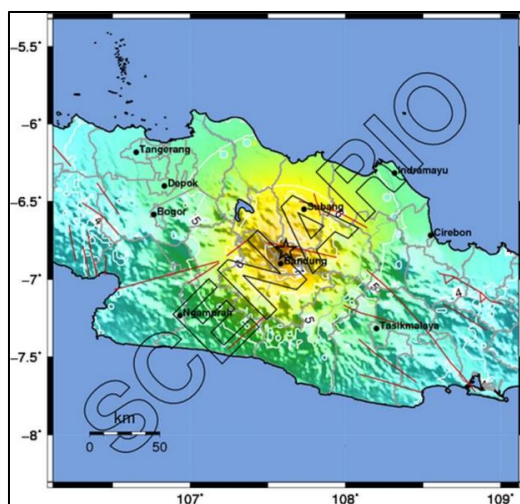


Gambar 4. Ilustrasi Sesar/Patahan
Sumber: USGS, (2021)



Gambar 5. Radius 0-7 Km dari Ancaman Sesar Lembang
Sumber: Hasil Analisis Peneliti, (2022)

Tahun 2017, BMKG membuat analisis geospasial di area Bandung dan menemukan jalur sesar melintasi Lembang sepanjang 29 Km. Analisis tersebut menggambarkan aktivitas seismik berkekuatan kecil dan pergeseran sesar sejauh 5 mm tiap tahun berpotensi gempa. Skenario gempabumi yang diprediksikan BMKG adalah gempa berkekuatan M6,8 di kedalaman 10 Km dengan skala intensitas VII-VIII MMI menimbulkan kerusakan tingkat sedang hingga berat.



Gambar 6. Skenario Gempabumi Sesar Lembang
Sumber: Daryono, (2021)

4. Kerentanan

Kerentanan umumnya merupakan ketidakmampuan masyarakat merespon ancaman yang menunjukkan tingkatan tidak mampu mengatasi dampak buruk perubahan iklim dan peristiwa cuaca ekstrem (Cecep & Hidayati, 2021). Kerentanan terbagi menjadi empat yakni kerentanan sosial, fisik, ekonomi, dan lingkungan. Kerentanan sosial terdiri dari kepadatan penduduk dan kelompok rentan. Kelompok rentan terdiri dari rasio jenis kelamin, rasio kelompok usia rentan, tingkat kemiskinan, dan rasio penduduk cacat. Kerentanan fisik terdiri dari kepadatan rumah, fasilitas umum (fasum) dan fasilitas kritis. Distribusi spasial parameter rumah dan fasum berdasarkan sebaran wilayah pemukiman. Masing-masing parameter dianalisis menggunakan metode skoring sesuai Perka BNPB No. 2 Tahun 2012 (BNPB, 2016). Kerentanan ekonomi terdiri dari kontribusi PDRB dan lahan produktif. Nilai lahan produktif dalam rupiah dihitung berdasarkan nilai kontribusi PDRB dan diklasifikasikan sesuai penggunaan lahan (BNPB, 2016). Sedangkan kerentanan lingkungan memiliki parameter hutan lindung, hutan asli, mangrove/bakau, semak belukar dan rawa dengan identifikasi melalui tutupan lahan, dan setiap parameter diproses melalui metode skoring sesuai Perka BNPB No. 2 Tahun 2012 (BNPB, 2016). Kerentanan yang telah diidentifikasi berdasar parameter pendukungnya, kemudian ditentukan indeks kerentanannya menggunakan bobot tiap parameter kerentanan melalui penggabungan skor (BNPB, 2016) sebagai berikut:

Gempa Bumi:

$$\text{IKG: } (\text{IKS} * 40\%) + (\text{IKF} * 30\%) + (\text{IKE} * 30\%)$$

Tanah Longsor:

$$\text{IKTL: } (\text{IKS} * 40\%) + (\text{IKF} * 25\%) + (\text{IKE} * 25\%) + (\text{IKL} * 10\%)$$

IKG: Indeks Kerentanan Gempabumi

IKTL: Indeks Kerentanan Tanah Longsor

IKS: Indeks Kerentanan Sosial

IKF: Indeks Kerentanan Fisik

IKE: Indeks Kerentanan Ekonomi

IKL: Indeks Kerentanan Lingkungan

5. Kapasitas Daerah

Penilaian kapasitas tingkat negara didasarkan pada kapasitas daerah. Kemampuan daerah ini berlaku sama untuk semua bencana. Karena fokus pada lembaga negara di wilayah studi, indeks kapasitas dibedakan berdasarkan wilayah studi (BNPB, 2016).

6. Risiko Bencana

Indeks risiko bencana diperoleh dari nilai indeks bahaya, kerentanan, dan kapasitas, menggunakan perhitungan spasial menjadi sebuah peta risiko yang dapat digunakan untuk pemetaan risiko. Untuk perhitungan tingkat provinsi, seluruh proses dilakukan dengan analisis minimal menggunakan input data yang tersedia dalam aturan kartografi, yaitu skala 1:250.000 (BNPB, 2016). Analisis risiko memakai rumus Van Westen, pada Persamaan berikut:

$$\text{RISK} = \frac{(\text{HAZARD}) \times (\text{VULNERABILITY})}{\text{CAPACITY}}$$

Hasil penilaian risiko digunakan sebagai dasar pengurangan risiko bencana berpedoman kepada Sendai Framework 2015-2030, dengan tujuan membangun ketahanan melalui pencegahan dan mitigasi risiko, pencegahan dan mitigasi dampak dan kerentanan, serta meningkatkan kesiapsiagaan, respons, dan pemulihan (BNPB, 2015). Tindakan prioritas yang dapat diambil melalui strategi mitigasi dan upaya pengurangan bencana gempabumi dan tanah longsor (multibahaya). Substansi dari multibahaya jika ditinjau dari sisi etimologi, merepresentasikan sebuah kondisi di mana telah teridentifikasi lebih dari satu macam bahaya yang terdapat di dalam suatu wilayah. Dalam konteks kebencanaan, bahaya ini memiliki

potensi mendatangkan kecelakaan (bencana, kesengsaraan, kerugian, dan sebagainya). BNPB, 2016, mengemukakan bahwa seluruh area berada di bawah ancaman bencana dengan tingkat risiko, bahaya dan parameter yang berbeda-beda sesuai daerahnya. Nilai Indeks multibahaya diperoleh dari nilai indeks multibahaya, nilai indeks multikerentanan, dan nilai indeks multikapasitas.

7. Resiliensi

Resiliensi pada prinsipnya adalah kemampuan sistem untuk kembali ke keadaan semula (Subiyanto, 2021), mampu menghadapi, menangani, dan merespons secara proaktif situasi yang tidak menyenangkan, kemudian menggunakannya untuk memperkuat dan mengubah kondisi seperti semula (Satria & Mutia, 2017). Tidak hanya bencana alam yang sifatnya merusak dan mempengaruhi aspek sosial, fisik, ekonomi, dan lingkungan, saat ini Pandemi COVID-19 berpengaruh dahsyat di semua lini kehidupan, masih belum sepenuhnya bisa diatasi. Berdasarkan data Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) sampai 19 November 2020, ada 55.928.327 kasus positif COVID-19 di dunia.

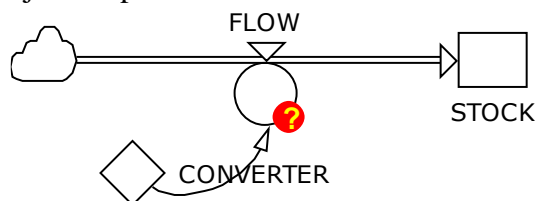
Operasi Militer Selain Perang (OMSP) selain berbentuk serangan frontal dan langsung dari lawan, ada ancaman nasional yang sifatnya terbatas, tidak memiliki daya tarik, dan jarang dipelajari lebih dalam melalui pendekatan tertentu. Skala terbatas ancaman militer ini adalah ancaman yang diproses melalui pendekatan OMSP (Mabesau, 2019). OMSP didasarkan pada Undang-Undang TNI Nomor 34 Tahun 2004, disebutkan bahwa dalam konteks OMSP, membagi kontinjensi menjadi dua, yakni operasi yang bersifat tempur dan bersifat non tempur. Operasi kemanusiaan yang tercantum pada Perpres Nomor 41 Tahun 2010, merupakan operasi non tempur TNI dalam menanggulangi bencana alam, termasuk saat menangani wabah COVID-19 (Raditya, et al., 2020). Keikutsertaan dan keterlibatan TNI di garda terdepan dalam memerangi COVID-19 ditambah dengan menghadapi ancaman bencana gempabumi dan tanah longsor akibat aktivitas Sesar Lembang, meskipun belum ada yang memprediksikan kapan akan terjadi, namun jika momen itu datang, maka diperlukan kecepatan, pendadakan, dan mobilitas tinggi dalam pergerakan yang efektif dan efisien dalam pemindahan bekal, materiel, evakuasi medis udara, dan pasukan yang dapat dicapai dengan menggelar Operasi Udara Khusus (OUK) bidang Operasi Pengendalian Depan Penanggulangan Bencana (OPDPB).

8. Systems Thinking

Pratiwi, (2015) mengatakan bahwa Jay Foster (MIT) pada tahun 1960 membangun sebuah *software* yang berfokus pada perilaku sistem faktual berbasis karakteristik dan perubahan waktu. *System thinking* merupakan pemodelan sistem dinamik dengan dua pendekatan, yaitu *bottom up* (*sub-model* dibangun terlebih dulu kemudian diintegrasikan menjadi model besar) dan *top down* (model dibangun terlebih dulu kemudian di *breakdown* menjadi beberapa *sub-model*). Penelitian ini menerapkan pendekatan *bottom up* dengan *software PowerSim* untuk merepresentasikan keadaan sebenarnya ke dalam model simulasi menggunakan komputer, dengan *tools* yang digunakan berupa:

- a. *Stock*, untuk mengakumulasikan informasi berupa nilai parameter.
- b. *Flow*, mempengaruhi nilai *stock*, mengalir satu maupun dua arah.
- c. *Converter*, mengubah input menjadi output.
- d. *Connector*. penghubung antar parameter dalam model.

Ilustrasi *tools* ditunjukkan pada Gambar 7:



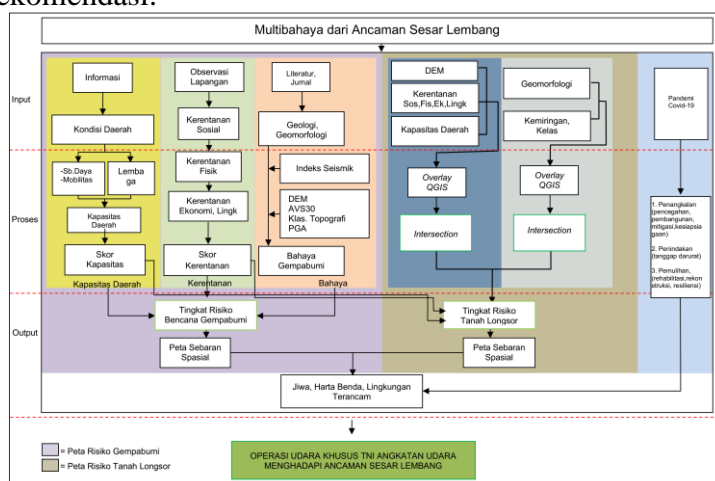
Gambar 7. Tools Software Powersim

Sumber: Powersim (2008)

Perancangan model simulasi digambarkan melalui *causal loop diagram (CLD)*, *sub-system*, *stock and flow diagram* dilengkapi formulasi matematis. CLD untuk mengetahui hubungan antar variabel yang mempengaruhi sistem, *Stock and flow diagram* untuk mengetahui hubungan variabel tiap waktu. Setelah model tersusun, langkah berikutnya menyusun formulasi matematis yang kemudian dilakukan *running* simulasi pada kondisi *existing system*.

9. Kerangka Pemikiran

Penelitian tesis ini memiliki tiga bagian besar pemikiran, yaitu OUK, tingkat multibahaya dan rekomendasi.



Gambar 8. Kerangka Pemikiran

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, (2022)

C. METODE

Metode penelitian menggunakan metode kualitatif dengan teknik triangulasi sumber dibantu *software GIS* dan *Powersim*. Penelitian menggunakan desain kualitatif dengan analisis literatur, jurnal, indeks seismik, dan file pendukung, Kab. Bandung, Kab. Bandung Barat, Kota Bandung, Kota Cimahi, Kab. Purwakarta, Kab. Subang, dan Kab. Sumedang. Kemudian data diolah kembali menggunakan metode triangulasi sumber, berdasar pada *literatur review*, observasi, kuesioner dan wawancara.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penyelenggaraan OPDPB

Berdasarkan analisa kontinjensi mengenai penyelenggaraan Operasi Udara Khusus TNI Angkatan Udara dalam penanggulangan bencana di wilayah Koopsud I, sesuai dengan pembabakan sebagai berikut:

a. Pentahapan Operasi

Operasi Pendahuluan (“H-10” s.d “H-1”), dilaksanakan oleh Satgas Teritorial (bakti sosial, penyuluhan aktifitas Sesar Lembang, menyiapkan daerah yang aman bagi pasukan darat), Satgas Info melaksanakan operasi informasi (*Public Affairs*, Operasi Pengamanan Informasi, Operasi Kontra Propaganda, Operasi Kontra Intelijen, Operasi Psikologi, dan operasi penegakan hukum), Unsur Pangkalan Udara melaksanakan pengamanan alutsista, Satgas Pasgat melaksanakan penerjunan perbekalan udara awal berdasarkan peta multibahaya Sesar Lembang, Satgas Angkut melaksanakan Operasi Pengintaian Udara Strategis dan Taktis di daerah Bencana dengan rute HSN-Sas (Banyuresmi-Kayu Ambon-Tugumukti-Ciburuy)-HSN. (107°45'18.567"E 6°51'24.054"S - 107°38'5.486"E 6°49'13.073"S - 107°32'51.872"E 6°48'31.25"S- 107°28'16.556"E 6°49'42.296"S), Satgas Heli melaksanakan Operasi Pencarian dan Pertolongan dengan rute HSN-Sas (Cileunyi Kulon-Cibiru Wetan-SindangLaya-Ciwaruga-Laksanamekar-Cangkorah)-HSN. (107°44'8.196"E 6°57'41.464"S-107°43'55.684"E 6°55'4.933"S-107°41'15.533"E 6°53'30.14"S-107°34'5.592"E 6°52'11.294"S-107°30'45.544"E 6°52'50.062"S-107°27'19.659"E 6°53'25.94"S)

Operasi Pokok (Hari-H s.d. H+14). Satgas Info, “Hari-H” s.d. “H+14” melanjutkan Operasi Informasi di daerah bencana (*Public Affairs*, Operasi Pengamanan Informasi, Operasi Kontra Propaganda, dan Operasi Psikologi), Satgas Angkut “Hari-H” s.d. “H+14” melaksanakan operasi penerjunan, operasi distribusi materiil, dengan target daerah bencana yang tidak dapat dilewati melalui jalur darat (Rute HSN-Sasaran (Lembang)-HSN, TOT antara pukul 08.00 s.d 16.00, 2 sortie perhari), Satgas Heli pada “Hari-H” s.d. “H+14” melaksanakan Operasi Evakuasi Medis Udara dan Operasi Angkutan Udara untuk mendistribusikan bekal ulang ke daerah bencana setiap 3 hari guna mendukung kebutuhan Pasgat Gabungan Lanud, Satgas Pasgat Gabungan Lanud pada “Hari H s.d H + 14” setelah melaksanakan pengumpulan data dan eksploitasi daerah bencana kemudian melaksanakan tanggap darurat dan bergerak ke sasaran sesuai perintah.

Tahap Pengakhiran, Satgas Hukum melaksanakan operasi Penegakan Hukum, seluruh unsur yang terlibat melaksanakan konsolidasi, melaksanakan *pull out* kembali ke *home base* masing-masing, Satgas Info melaksanakan Operasi Informasi untuk menjaga keseimbangan berita.

b. Bantuan

Operasi bantuan dalam hal ini adalah operasi bantuan kemanusiaan dan bantuan bencana, dikenal dengan istilah *humanitarian assistance and disaster relief* (HADR) dengan melakukan misi-misi sesuai bidang masing-masing, dengan perencanaan dan pelaksanaan yang berbeda dari kampanye militer, tetapi menangani prinsip-prinsip kunci lebih awal yang memungkinkan pelaksanaan lanjutan terlaksana lebih sukses, berupa Teritorial (pemberdayaan masyarakat guna meningkatkan resiliensi bencana dan mendukung OPDPB di daerah bencana), informasi (dukungan satgas info untuk pembentukan opini dan kontra propaganda dan menjaga informasi dan opini pasukan sendiri dari ancaman pemberitaan media sosial dan elektronik yang negatif), dukungan dan bantuan sar (mendukung dan mengevakuasi pasukan dan pengungsi), angkutan (bantuan angkutan berasal dari pembinaan potensi dirgantara pada maskapai-maskapai sipil yang ada untuk menambah daya gerak pasukan kawan), hukum (mendapatkan payung hukum pelaksanaan operasi jika terjadi hal-hal yang tidak diinginkan), dan keamanan dan ketertiban masyarakat (bantuan keamanan dan ketertiban masyarakat dilaksanakan oleh Polri).

2. Tingkat Risiko Multibahaya

a. Risiko Gempabumi

Risiko Gempabumi dengan pengkelasan yang sudah di analisis melalui bahaya, kerentanan, dan kapasitas diperoleh kelas risiko per Kabupaten/Kota di obyek penelitian

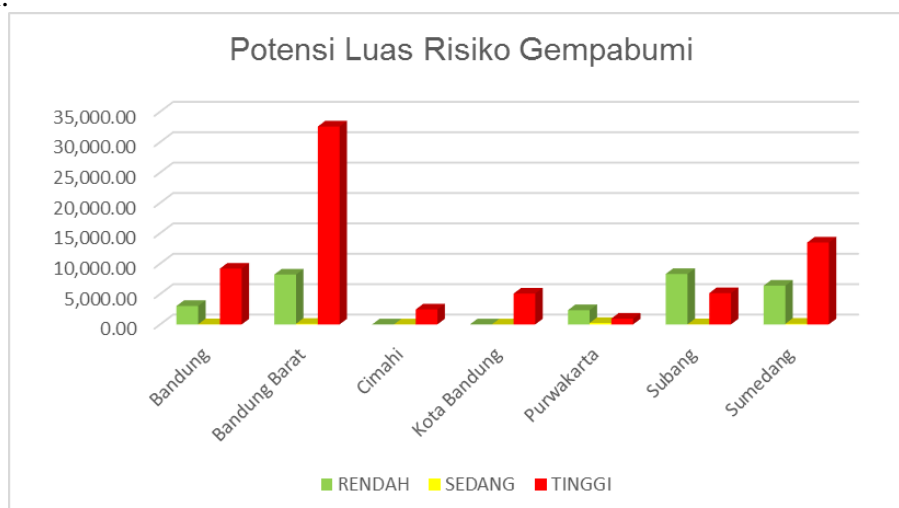
dengan hasil analisis pada Tabel 1:

Tabel 1. Kelas Risiko Gempabumi Per Kabupaten/Kota Obyek Penelitian

NO	KAB/KOTA	RISIKO				TOTAL LUAS	KELAS
		LUAS RISIKO (HA)					
		RENDAH	SEDANG	TINGGI			
1	Bandung	2,662.56	9.78	8,933.03	11,605.37	TINGGI	
2	Bandung Barat	8,124.18	88.47	32,545.37	40,758.02	TINGGI	
3	Cimahi	0.00	0.64	2,459.98	2,460.62	TINGGI	
4	Kota Bandung	11.21	0.00	5,076.36	5,087.57	TINGGI	
5	Purwakarta	2,334.93	216.59	950.27	3,501.79	RENDAH	
6	Subang	7,259.72	11.46	5,142.92	12,414.09	RENDAH	
7	Sumedang	19.41	0.00	1.59	21.00	TINGGI	
	Jumlah	20,412.01	326.93	55,109.52	75,848.46		

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2022

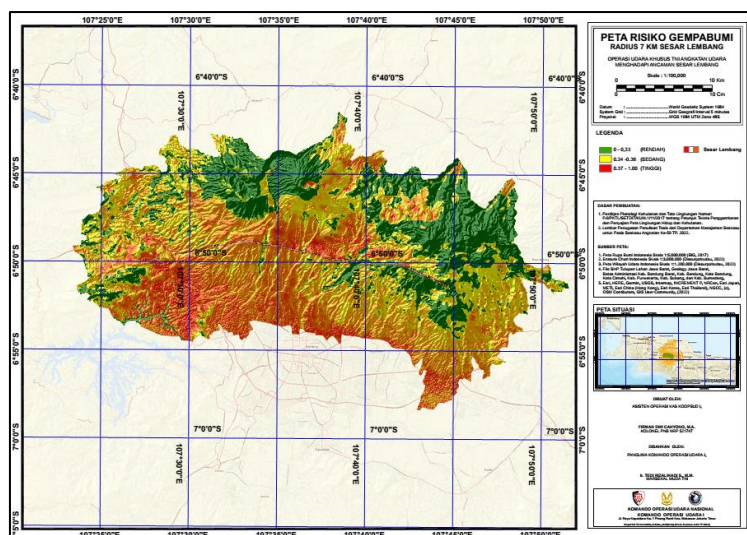
Daerah yang berpotensi dan memiliki sejarah bencana perlu melakukan mitigasi untuk mengantisipasi gempabumi seperti yang terlihat pada Tabel 4.1, terlihat bahwa tingkat risiko bencana gempabumi hampir seluruhnya berada pada kelas risiko tinggi, kecuali Kabupaten Purwakarta dan Subang dengan indeks risiko rendah. Peta risiko ini menunjukkan persebaran daerah dengan tingkat risiko tinggi, sedang dan rendah. Interpretasi peta menggambarkan sebagian besar obyek penelitian memiliki tingkat risiko tinggi yang ditunjukkan dengan warna merah pada peta. Seluruh wilayah obyek penelitian berpotensi terdampak bencana gempabumi, semakin tinggi kerentanan maka semakin tinggi tingkat risiko bencana yang dialami. Pengurangan bahaya gempabumi merupakan kegiatan yang sulit dilakukan, sehingga kegiatan manajemen kebencanaan lebih terfokus kepada upaya pengurangan terhadap elemen kerentanan.



Gambar 9. Grafik Potensi Luas Risiko Gempabumi Obyek Penelitian

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2022

Dari kelas risiko dan potensi luas risiko gempabumi tersebut, Satgas Teritorial pada operasi pendahuluan dapat melaksanakan operasi berupa bakti sosial dan penyuluhan mengenai bahaya aktifitas Sesar Lembang, Satgas Info melaksanakan operasi informasi di daerah potensi bencana melalui Operasi Psikologi, unsur Pesawat Angkut dan Unsur Heli melaksanakan Pengintaian Udara di dengan rute yang sudah ditentukan.



Gambar 9a. Peta Risiko Gempabumi Obyek Penelitian
Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2022

b. Risiko Tanah Longsor

Risiko Tanah longsor dengan pengkelasan yang sudah di analisis melalui bahaya, kerentanan, dan kapasitas diperoleh kelas risiko per Kabupaten/Kota di obyek penelitian dengan hasil analisis pada Tabel 2:

Tabel 2. Kelas Risiko Tanah Longsor Per Kabupaten/Kota Obyek Penelitian

NO	KAB/KOTA	RISIKO				TOTAL LUAS	KELAS
		LUAS RISIKO (HA)					
		RENDAH	SEDANG	TINGGI			
1	Bandung	298.64	65.28	8,313.04	8,676.95	TINGGI	
2	Bandung Barat	1,584.80	739.73	23,843.61	26,168.15	TINGGI	
3	Cimahi	1.79	5.28	97.16	104.24	TINGGI	
4	Kota Bandung	43.59	38.04	974.39	1,056.02	TINGGI	
5	Purwakarta	37.72	22.72	3,044.63	3,105.06	TINGGI	
6	Subang	210.55	227.46	10,325.19	10,763.20	TINGGI	
7	Sumedang	0.00	0.00	0.00	0.00	0	
	Jumlah	2,177.09	1,098.51	46,598.01	49,873.62		

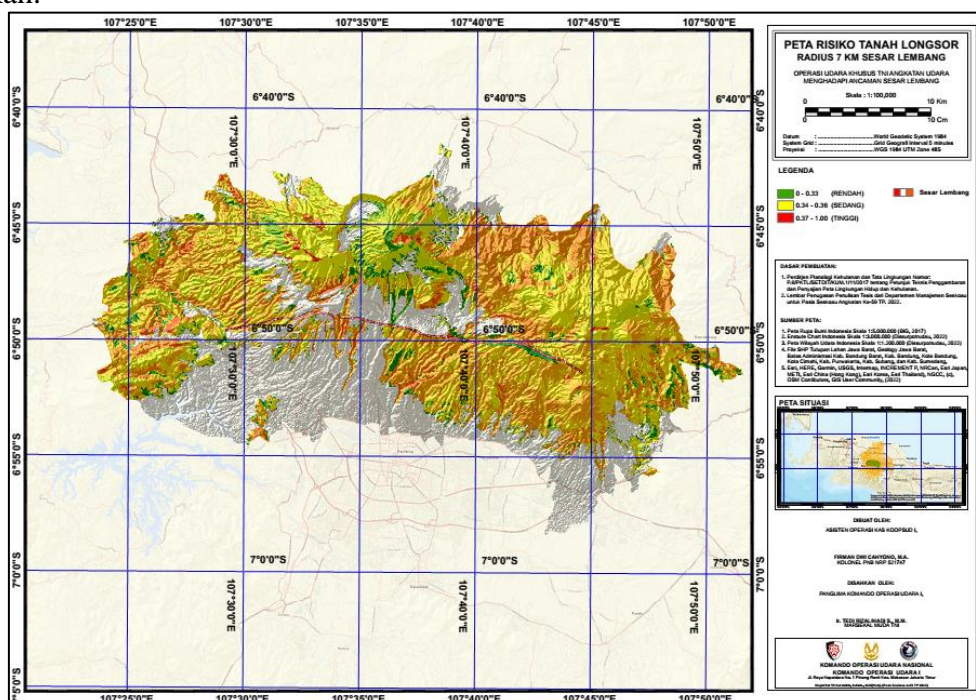
Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2022

Daerah yang berpotensi dan memiliki sejarah bencana perlu melakukan mitigasi untuk mengantisipasi tanah longsor seperti yang terlihat pada Tabel 3.47, terlihat bahwa tingkat risiko bencana tanah longsor seluruhnya berada pada kelas risiko tinggi. Peta risiko ini menunjukkan persebaran daerah dengan tingkat risiko tinggi, sedang dan rendah. Interpretasi peta menggambarkan sebagian besar obyek penelitian memiliki tingkat risiko tinggi yang ditunjukkan dengan warna merah pada peta. Seluruh wilayah obyek penelitian berpotensi terdampak bencana tanah longsor, semakin tinggi kerentanan maka semakin tinggi pula tingkat risiko bencana yang dialami. Pengurangan bahaya tanah longsor merupakan kegiatan yang sulit dilakukan, sehingga kegiatan manajemen kebencanaan lebih terfokus kepada upaya pengurangan terhadap elemen kerentanan.



Gambar 10. Grafik Potensi Luas Risiko Tanah Longsor Obyek Penelitian
 Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2022

Dari kelas risiko dan potensi luas risiko tersebut, Satgas Teritorial pada operasi pendahuluan dapat melaksanakan operasi teritorial berupa bakti sosial dan penyuluhan mengenai bahaya aktifitas Sesar Lembang, Satgas Info melaksanakan operasi informasi di daerah potensi bencana melalui Operasi Psikologi, unsur Pesawat Angkut dan Unsur Heli dapat melaksanakan Pengintaian Udara di daerah potensi Bencana dengan rute yang sudah ditentukan.



Gambar 10a. Peta Risiko Tanah Longsor Obyek Penelitian
 Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2022

c. Risiko Multibahaya

Risiko Multibahaya dengan pengkelasan yang sudah di analisis melalui bahaya, kerentanan, dan kapasitas diperoleh kelas risiko per Kabupaten/Kota di obyek penelitian dengan hasil analisis pada Tabel 3:

Tabel 3. Kelas Risiko Multibahaya Per Kabupaten/Kota Obyek Penelitian

NO	KAB/KOTA	RISIKO				
		LUAS RISIKO (HA)			TOTAL LUAS	KELAS
		RENDAH	SEDANG	TINGGI		
1	Bandung	4.94	0.00	12,215.74	12,220.68	TINGGI
2	Bandung Barat	345.11	16.47	48,059.83	48,421.40	TINGGI
3	Cimahi	0.00	0.00	2,461.42	2,461.42	TINGGI
4	Kota Bandung	0.00	0.00	5,089.33	5,089.33	TINGGI
5	Purwakarta	4.79	24.45	3,515.43	3,544.67	TINGGI
6	Subang	5.40	20.31	33,386.97	33,412.69	TINGGI
7	Sumedang	0.00	0.00	19,947.48	19,947.48	TINGGI
	Jumlah	360.24	61.23	124,676.20	125,097.67	

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, (2022)

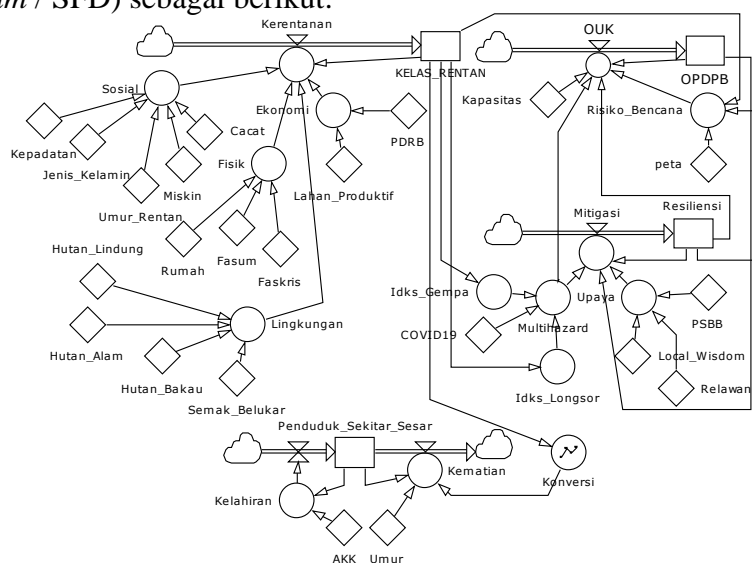
Daerah yang berpotensi dan memiliki sejarah bencana perlu melakukan mitigasi untuk mengantisipasi bencana yang mengancam seperti yang terlihat pada Tabel 3.47, terlihat bahwa tingkat risiko multibahaya seluruhnya berada pada kelas risiko tinggi. Peta risiko ini menunjukkan persebaran daerah dengan tingkat risiko tinggi, sedang dan rendah. Interpretasi peta menggambarkan sebagian besar obyek penelitian memiliki tingkat risiko tinggi yang ditunjukkan dengan warna merah pada peta. Seluruh wilayah obyek penelitian berpotensi terdampak bencana multibahaya, semakin tinggi kerentanan maka semakin tinggi pula tingkat risiko bencana yang dialami. Pengurangan bencana multibahaya merupakan kegiatan yang sulit dilakukan, sehingga kegiatan manajemen kebencanaan lebih terfokus kepada upaya pengurangan terhadap elemen kerentanan.

**Gambar 11. Grafik Potensi Luas Risiko Multibahaya Obyek Penelitian**

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, (2022)

Dari kelas risiko dan potensi luas risiko tersebut, Satgas Teritorial pada operasi pendahuluan dapat melaksanakan operasi teritorial berupa bakti sosial dan penyuluhan mengenai bahaya aktifitas Sesar Lembang, Satgas Info melaksanakan operasi informasi di daerah potensi bencana melalui Operasi Psikologi, unsur Pesawat Angkut dan Unsur Heli dapat melaksanakan Pengintaian Udara di daerah potensi Bencana dengan rute yang sudah ditentukan.

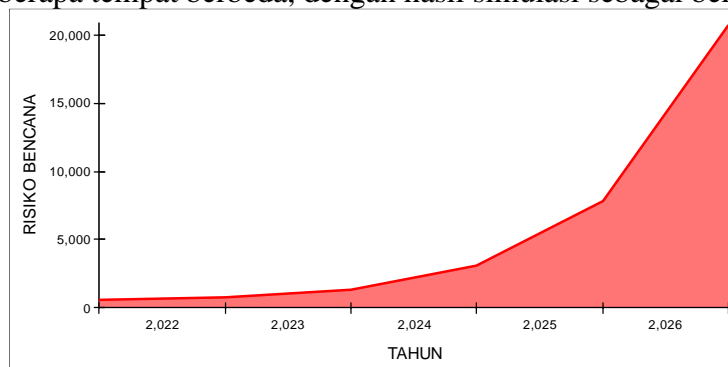
Model dibagi menjadi 6 Sub Sistem, yaitu Sistem Model OPDPB, sub Sistem Model Risiko Multibahaya, sub Sistem Model Risiko Gempabumi, sub Sistem Model Risiko Tanah Longsor, Sub Sistem Model Resiliensi, dan sub Sistem Model Kepadatan dengan Diagram Alir (*Stock Flow Diagram / SFD*) sebagai berikut:



Gambar 13. Diagram Alir Operasi Udara Khusus (OPDPB)

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, (2022)

Dalam model ini mengasumsikan bahwa 100% penyelenggaraan OPDPB dilaksanakan setiap tahun di beberapa tempat berbeda, dengan hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 13. Hasil Simulasi Dasar

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, (2022)

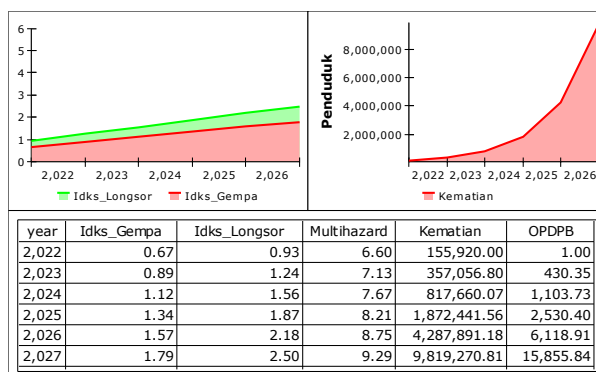
Hasil simulasi menunjukkan bahwa parameter yang paling berpengaruh terhadap perubahan sistem adalah parameter kapasitas dan kerentanan. Konsistensi yang digunakan sebagai sampel adalah “parameter” dari Kerentanan dengan uji sebagai berikut:

parameter: $(\text{kerentanan}/\text{indeks_kerentanan}) + \text{sosial} + \text{fisik} + \text{ekonomi} + \text{lingkungan}$

Gempabumi: $\text{IKG} = (\text{IKS} * 40\%) + (\text{IKF} * 30\%) + (\text{IKE} * 30\%)$

Tanah Longsor: $\text{IKTL} = (\text{IKS} * 40\%) + (\text{IKF} * 25\%) + (\text{IKE} * 25\%) + (\text{IKL} * 10\%)$

Validasi model dengan membandingkan data informasi Bencana (DIBI BNPB) kurun waktu tahun 1975-2022, khususnya gempabumi dan tanah longsor, kejadian bencana Gempabumi sebanyak 12 kali dalam kurun mengakibatkan 25 orang meninggal dunia, 787 mengalami luka-luka, dan 78.735 mengungsi, dimana nilai gempabumi dan longsor mengalami fluktuasi di beberapa tempat, demikian pula dengan angka kematian yang berfluktuasi. Apabila nilai longsor, gempabumi dan angka kematian kematian tersebut di regresi dan di kumulatifkan, maka nilai gabungan akan mengalami kenaikan signifikan. Jika dibandingkan dengan validasi visual model dengan jangka waktu 5 tahun, yaitu tahun 2022 hingga 2027, maka hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 14. Grafik simulasi model OPDPB

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, (2022)

Berdasarkan grafik dalam Gambar 4.39, perilaku model menunjukkan bahwa indeks longsor, indeks gempabumi dan kematian menunjukkan perilaku *exponential growth* atau mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Hal ini sejalan dengan tren yang disajikan pada Tabel 4.18 dan Tabel 4.19. Sehingga dapat disimpulkan bahwa secara visual, perilaku referensi sesuai dengan perilaku yang dimiliki oleh simulasi (valid).

Validasi statistik dengan membandingkan data referensi dan data simulasi, disajikan pada tabel berikut

Tabel 4. Data Simulasi Tahun 2022-2027

year	Idks_Gempa	Idks_Longsor	Multihazard	Kematian	OPDPB
2,022	0.67	0.93	6.60	155,920.00	1.00
2,023	0.89	1.24	7.13	357,056.80	430.35
2,024	1.12	1.56	7.67	817,660.07	1,103.73
2,025	1.34	1.87	8.21	1,872,441.56	2,530.40
2,026	1.57	2.18	8.75	4,287,891.18	6,118.91
2,027	1.79	2.50	9.29	9,819,270.81	15,855.84

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, (2022)

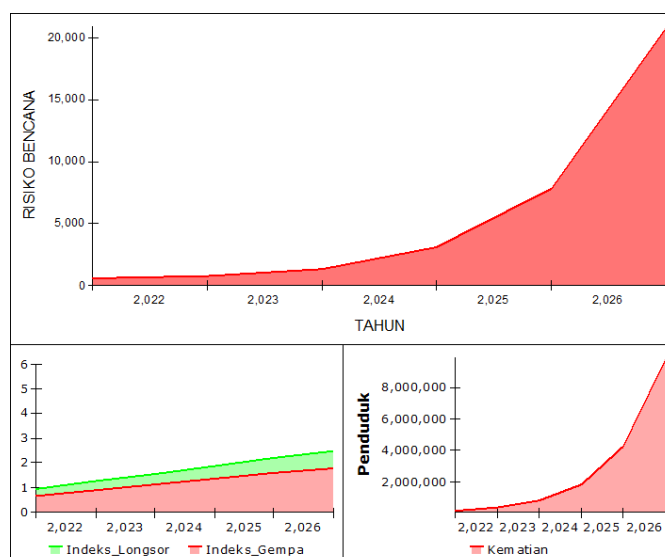
Berdasarkan data referensi Kejadian Tanah Longsor obyek penelitian dan Data Simulasi Tahun 2015 s/d 2020, dapat dihitung AME (*Absolut Mean Error*) sebagai berikut.

Tabel 5. Perhitungan AME berdasarkan Data Referensi dan Data Simulasi Tahun 2015-2020

NO	TAHUN	TANAH LONGSOR			
		KEJADIAN	SIMULASI LONGSOR	MENINGGAL	SIMULASI Meninggal
1	2015	14	3	10	0
2	2016	21	183	12	4
3	2017	10	366	5	9
4	2018	29	570	3	20
5	2019	43	852	0	47
6	2020	84	1365	3	110
	TOTAL	201	3339	33	190
	AME	17		6	

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, (2022)

Dari tabel tersebut, dapat disimpulkan bahwa perilaku model menghasilkan data yang valid, karena nilai seluruh AME kurang dari 30%. Simulasi *Business As Usual* (BAU) belum ada intervensi/skenario ke depan, memperlihatkan kerentanan yang mengakibatkan meningkatnya indeks gempabumi dan tanah longsor sehingga meningkatkan angka kematian normal. Jika ini dibiarkan akan meningkat terus dan membawa dampak bencana yang sangat besar.



Gambar 15. Grafik Simulasi Model Gempabumi dan Tanah Longsor akibat Sesar Lembang Tahun 2022-2027

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, (2022)

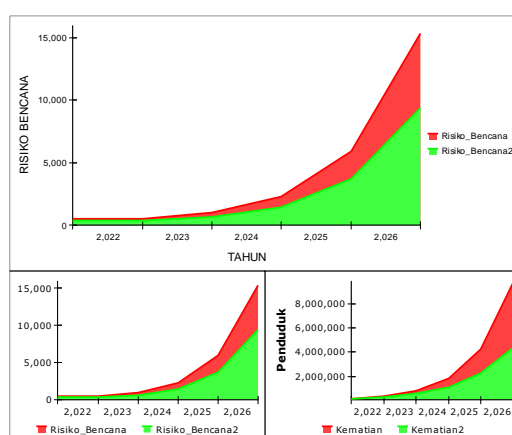
Simulasi skenario ke depan, dengan Skenario berupa intervensi terhadap model adalah dengan memodifikasi nilai dan formulasi beberapa variabel, pada Tabel 4.6.

Tabel 6. Intervensi Model

No	Variabel	Formulasi Awal	Intervensi
1	Constant AKK	Angka kelahiran kasar ditetapkan dengan nilai 1.17% per tahun	AKK diturunkan menjadi 1% per tahun
2	Constant Lahan Produktif	Lahan Produktif yang digunakan dengan nilai 0.6% per tahun	Constant Lahan Produktif diturunkan menjadi 0.4% per tahun
3	Constant PDRB	PDRB dengan nilai 0.3% tahun	Constant ditetapkan menjadi 0.27% per tahun
4	Constant Fasum	Fasum dengan nilai 0.3 % per tahun	Constant ditata ulang dengan penurunan 0.2% per tahun
5	Constant Faskris = 30	Faskris dengan nilai 0.3 % per tahun	Constant ditata ulang dengan penurunan 0.2% per tahun
6	Constant Rumah	Hutan yang dibuka untuk lahan perumahan 0.4% per tahun	Constant ditetapkan intervensi menjadi 0.27% per tahun
7	Constant Jenis Kelamin	Jumlah jenis kelamin rentan di lapangan sebesar 0.1% pertahun	Constant diupayakan turun menjadi 0.07% per tahun
8	Constant Umur Rentan	Jumlah umur rentan di lapangan sebesar 0.1% pertahun	Constant diupayakan turun menjadi 0.07% per tahun
9	Constant Penduduk Cacat	Jumlah penduduk cacat sebesar 0.1% pertahun	Constant diupayakan turun menjadi 0.07% per tahun
10	Constant Penduduk Miskin	Jumlah penduduk miskin sebesar 0.1% pertahun	Constant diupayakan turun menjadi 0.4% per tahun
11	Constant Kepadatan Penduduk	Kepadatan penduduk sebesar 0.6% pertahun	Constant diupayakan turun menjadi 0.4% per tahun
12	Constant Semak Belukar	Semak Belukar sebesar 0.5% pertahun	Constant diupayakan turun menjadi 0.33% per tahun
13	Constant Hutan Lindung	Hutan Lindung sebesar 0.5% pertahun	Constant diupayakan turun menjadi 0.33% per tahun
14	Constant Hutan Alam	Hutan Alam sebesar 0.5% pertahun	Constant diupayakan turun menjadi 0.33% per tahun
15	Constant Hutan Bakau	Hutan Bakau sebesar 0.5% pertahun	Constant diupayakan turun menjadi 0.33% per tahun
16	Constant PSBB	PSBB dengan nilai indeks kerentanan 5	Constant diupayakan turun menjadi 2,5
15	Constant Relawan	Relawan dengan nilai indeks kerentanan 5	Constant diupayakan turun menjadi 2,5
15	Constant Local Wisdom	Local Wisdom dengan nilai indeks kerentanan 5	Constant diupayakan turun menjadi 2,5

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, (2022)

Setelah diterapkan intervensi, terjadi perubahan perilaku model yang digambarkan dalam gambar berikut:



Gambar 16. Model Hasil Intervensi
Sumber: Hasil Analisis Peneliti, (2022)

Tabel 7. Intervensi Model

year	Indeks_Gempa	Indeks_Gempa2	Indeks_Longsor	Indeks_Longsor2
2,022	0,67	0,44	0,93	0,62
2,023	0,67	0,45	0,93	0,62
2,024	0,67	0,45	0,94	0,63
2,025	0,68	0,46	0,95	0,64
2,026	0,68	0,46	0,95	0,64
2,027	0,69	0,46	0,96	0,65

year	Kematian	Kematian2	OPDPB	OPDPB2
2,022	155,920.00	155,920.00	1.00	1.00
2,023	357,056.80	304,044.00	430.35	264.72
2,024	817,660.07	592,885.80	906.04	558.26
2,025	1,872,441.56	1,156,127.31	1,826.61	1,109.78
2,026	4,287,891.18	2,254,448.25	4,068.79	2,422.08
2,027	9,819,270.81	4,396,174.10	9,841.13	5,747.20

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, (2022)

Pada kondisi nyata, faktor resiliensi yang paling signifikan dapat menambah tingkat ketangguhan adalah faktor PSBB, *local wisdom* dan relawan. Sesuai data, faktor resiliensi akan bertambah dengan mengurangi nilai kerentanan pada elemen pendukungnya. Sedangkan faktor yang paling signifikan dapat mengurangi terjadinya gempabumi dan tanah longsor serta kematian yang menyertainya, adalah faktor Kerentanan. Sesuai data, Kerentanan menyumbang sebesar 30%. Jika dikurangi menjadi 15% akan mengurangi risiko bencana dan kematian seperti tampak pada Gambar 4.9.

E. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pertama pelaksanaan OPDPB melalui Operasi Pendahuluan (Satgas Teritorial, Satgas Penerangan, Satgas Elemen Pangkalan Udara, Satgas Pasgat, dan Satgas Penunjang Penerbangan), Operasi Dasar (Satgas Penerangan, Satgas Gabungan, Elemen Transportasi C-130, Elemen Helikopter), Operasi Pemutusan (Satgas Hukum, Satgas Info). Kedua, peta geospasial sebaran tingkat risiko multi hazard dengan tingkat Risiko Rendah 0,32 (Kabupaten Purwakarta dan Subang), dan tingkat Risiko Tinggi 0,68% (Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat, Kota Cimahi, Bandung Kota, dan Kabupaten Sumedang). Ketiga, rekomendasi pengurangan risiko bencana dengan mengurangi nilai kerawanan sosial, kerawanan fisik, kerawanan ekonomi, dan kerawanan lingkungan melalui penguatan ketahanan (PSBB, kearifan lokal, relawan) menghadapi ancaman Sesar Lembang.

DAFTAR PUSTAKA

- Bang, H. N., Miles, L. S., & Gordon, R. D. (2019). Disaster Risk Reduction in Cameroon: Are Contemporary Disaster Management Frameworks Accommodating the Sendai Framework Agenda 2030?. *International Journal of Disaster Risk Science*, 10(4), 462-477.
- BNPB. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. Jakarta: BNPB.
- BNPB. (2016). *Risiko Bencana Indonesia*. Jakarta: BNPB.
- Cecep & Hidayati. (2011). *Gempa Bumi Bandung 22 Juli 2011*. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 2(3), 185-190.
- Daryono. (2021). *Sejarah Gempa Merusak di Jakarta, FGD Rentinkon Bencana Gempabumi Provinsi DKI Jakarta*. Jakarta: BMKG.
- Mabesau. (2019). *Doktrin Operasi Udara Dalam Operasi Militer Selain Perang, Kep Kasau No.369/XII/2019*. Jakarta: Mabesau.
- Marchezini, V. (2020). "What is a Sociologist Doing Here?" An Unconventional People-Centered Approach to Improve Warning Implementation in the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction. *International Journal of Disaster Risk Science*, 11(2), 218-229.
- Marjiyono, M., Soehaimi, A., & Kamawan, K. (2008). Identifikasi Sesar Aktif Daerah Cekungan Bandung Dengan Data Citra Landsat dan Kegempaan. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 18(2), 81-88.
- Prahasta, E. (2009). SIG: Konsep-Konseop Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika). *Bandung: Informatika*.
- Raditya, J., Teguh, H., Andri Cipto, U., Fitriyan, Z., Syalaby Ichsan, A., Kelana, I., & Septyaningsih, I. (2020). *Resiliensi Menghadapi Covid-19*. Jakarta: Pusdatin Humas BNPB.
- Rasmid, R. (2014). Aktivitas Sesar Lembang di Utara Cekungan Bandung. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15(2).
- Risdar, F. A., Djuyandi, Y., & Hidayat, T. (2022). Strategi Korps Pasukan Khas Tentara Nasional Indonesia Angkatan Udara dalam Operasi Penanggulangan Bencana Alam (Studi Kasus Penanggulangan Bencana Alam Gempa Bumi dan Tsunami di Kepulauan Mentawai Tahun 2010). *Aliansi: Jurnal Politik, Keamanan dan Hubungan Internasional*, 1(1), 14-24.
- Sahar, D. P. (2015). *Model Sistem Dinamik Untuk Menganalisis Kebijakan Komposisi Pengadaan Kapal Dry-Bulk Carrier di PT. Semen Tonasa* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Saputra, A., Sartohadi, J., & Rachmawati, R. (2012). Pengurangan Risiko Gempa Bumi melalui Evaluasi Bangunan Tempat Tinggal dan Lingkungannya di Kecamatan Pleret Kabupaten Bantul. In *Proceedings Seminar Nasional Infomrasi Geos Pisial Untuk Kajian Kebencanaan Dalam Pelaksanaan Pembangunan Berkelanjutan Dan Pengembangan Kecerdasan Spasial Masyarakat*.
- Satria, B., & Sari, M. (2017). Tingkat Resiliensi Masyarakat di Area Rawan Bencana. *Idea Nursing Journal*, 8(2), 30-34.
- Schwartz, D. P., Pantosti, D., Okumura, K., Powers, T. J., & Hamilton, J. C. (1998). Paleoseismic Investigations in the Santa Cruz Mountains, California: Implications for Recurrence of Large-Magnitude Earthquakes on the San Andreas Fault. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 103(B8), 17985-18001.
- Shi, P., Ye, T., Wang, Y., Zhou, T., Xu, W., Du, J., & Okada, N. (2020). Disaster Risk Science: A Geographical Perspective and a Research Framework. *International Journal of Disaster Risk Science*, 11(4), 426-440.

- Situmorang, B., Siswoyo, E. T., & Paltrinieri, F. (1976). Wrench fault tectonics and aspects of hydrocarbon accumulation in Java.
- Subiyanto, A., SI, S., & Han, M. (2022). *Ketahanan Nasional dan Resiliensi Iklim*. Qiara Media.
- Sulaeman, C., & Hidayati, S. (2011). Gempa bumi Bandung 22 Juli 2011. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 2(3), 185-190.
- USGS. (2013). *Deterministic and Scenario Grand-Motion Map*, <https://earthquake.usgs.gov/scenarios/> (diunduh pada 8 Februari 2022).
- Zhu, X., Cao, Y., Zhang, J., Plummer, E. W., & Guo, J. (2015). Classification of charge density waves based on their nature. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(8), 2367-2371.