

ANALISIS TINGKAT KERAWANAN BAHAYA SAMBARAN PETIR DENGAN METODE *SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING* DI PROVINSI BALI

ANALYSIS OF THE LEVEL OF AREA VULNERABILITY TO LIGHTNING STRIKE USING SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING IN BALI PROVINCE

Tomy Gunawan*, Lestari Naomi Lydia Pandiangan

Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar

*E-mail:tomy.gunawan@bmet.go.id

Naskah masuk: 24 April 2014; Naskah diperbaiki: 03 Nopember 2014; Naskah diterima: 15 Desember 2014

ABSTRAK

Bali merupakan daerah potensi rawan sambaran petir karena memiliki iklim tropis dengan peluang terjadinya hujan disertai petir cukup tinggi dan juga rentan karena tingkat kepadatan penduduk yang sangat tinggi. Kondisi ini mengancam keselamatan jiwa dan harta benda penduduk, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk menganalisa tingkat kerawanan sambaran petir di wilayah Bali. Untuk identifikasi tingkat kerawanan sambaran petir digunakan dua faktor yaitu faktor ancaman menggunakan data kejadian petir CG (2009-2013) dan faktor kerentanan menggunakan data kepadatan penduduk dan penggunaan lahan untuk rumah dan bangunan. Dua faktor tersebut dianalisa menggunakan metode SAW (*Simple Additive Weighting*) untuk mendapatkan tingkat kerawanan sambaran petir tiap kecamatan. Dari hasil perhitungan menunjukkan kecamatan Selemadeg Barat, Denpasar, Kuta, Pupuan, Klungkung dan Selemadeg memiliki tingkat kerawanan sambaran petir tinggi, 27 kecamatan berada dalam kategori sedang dan 21 kecamatan sisanya berada dalam kategori rendah.

Kata kunci : Petir CG, Badai Guruh, Sambaran Petir, Tingkat Kerawanan, SAW

ABSTRACT

Bali is a potential lightning strike prone area due to its tropical climate with the high probability of rain accompanied by lightning that is also vulnerable due to its high population density. This condition threatens the safety of lives and property of the population and makes it necessary to study the vulnerability of lightning strikes in Bali. To identify the level of vulnerability to lightning strikes there are two factors, the first is a threatening factor using CG lightning data (2009-2013) and the second is a vulnerability factor using the data of population density and land use for homes and buildings. Both factors were analyzed using the method of Simple Additive Weighting (SAW) to obtain the level of vulnerability to lightning strikes for each district. The results of the calculations show that Selemadeg Barat, Denpasar, Kuta, Pupuan, Klungkung and Selemadeg have a high level of vulnerability to lightning strikes, 27 districts are in the middle level and the remaining 21 districts are in the low category.

Keywords: CG Lightning, Thunder storm, Lightning strike, Level of Vulnerability, SAW

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara tropis dengan curah hujan yang cukup tinggi. Awan guruh (*thundercloud*) sangat dominan di Indonesia sebagai wilayah konvektif aktif sehingga hari guruhnya tinggi. Secara tidak langsung kondisi tersebut berdampak pada tingginya Jumlah Hari Guruh (*Thunder Storm Days*) di Indonesia. Indonesia memiliki 200 hari guruh, jika dibandingkan dengan USA 100 hari, Brasil 140 hari dan Afrika 60 hari [1]. Dari data *thunderstorm* tahun 1991-2000 dari 50 titik pengamatan terpilih di seluruh wilayah Indonesia didapatkan nilai rata-rata hari guruh yang tertinggi

terjadi di titik pengamatan Palangkaraya yaitu 300 hari dalam setahun. Adapun untuk wilayah Bali yang diwakili titik pengamatan Denpasar sebesar 68 hari dalam setahun [2]. Ini menandakan bahwa Indonesia memiliki kerawanan yang cukup tinggi terhadap bahaya akibat sambaran petir.

Tingkat kerawanan sebuah wilayah terhadap sambaran petir tidak hanya didasarkan pada jumlah kejadian petirnya, tapi juga berdasarkan potensi korban atau kerugian yang ditimbulkan seperti seberapa padat populasi penduduknya atau padatnya bangunan di wilayah tersebut. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2010, Bali merupakan pulau dengan

kepadatan penduduk tertinggi kedua setelah Pulau Jawa dengan tingkat kepadatan sebesar 673 orang per km². Bali juga merupakan salah satu provinsi di Indonesia dengan pertumbuhan infrastruktur seperti bangunan hotel, gedung perkantoran, jaringan listrik serta menara BTS untuk kepentingan komunikasi yang cukup pesat. Pertumbuhan pembangunan tersebut secara tidak langsung meningkatkan resiko bahaya yang disebabkan oleh sambaran petir wilayah Bali. Berdasarkan beberapa faktor yang diuraikan di atas perlu dilakukan kajian untuk menentukan tingkat kerawanan sambaran petir di Provinsi Bali. Metode yang digunakan adalah Metode Penjumlahan Terbobot (*Simple Additive Weighting*). Metode ini digunakan untuk menggabungkan beberapa faktor penyebab tingkat kerawanan sambaran petir sehingga didapatkan nilai preferensi untuk menentukan tingkat kerawanan pada daerah penelitian.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan gambaran tingkat ancaman, kerentanan dan kerawanan sambaran petir perkecamatan di Provinsi Bali serta menyajikannya dalam bentuk peta tematik.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, permasalahan yang ingin dipecahkan antara lain, untuk mengetahui tingkat ancaman sambaran petir perkecamatan di Provinsi Bali berdasarkan nilai kerapatan sambaran petir per tahun per km², tingkat kerentanan sambaran petir perkecamatan di Provinsi Bali dan tingkat kerawanan sambaran petir perkecamatan di Provinsi Bali.

Hasil penelitian ini nantinya diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam pembangunan infrastruktur di Provinsi Bali terutama untuk pembangunan sistem proteksi infrastruktur yang rentan akan sambaran petir seperti jaringan listrik, menara BTS, menara pemancar siaran TV/ Radio atau bangunan dengan jaringan elektronik yang cukup kompleks didalamnya untuk meminimalisir kerugian akibat bahaya sambaran petir. Bagi pengambil kebijakan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam menyusun rencana tata ruang kota. Dapat diketahui daerah yang mempunyai tingkat intensitas sambaran petir yang tinggi.

Definisi Petir. Petir merupakan sebuah fenomena alam berupa kilatan cahaya disertai suara menggelegar yang sering dijumpai menjelang atau ketika hujan. Namun bukan berarti ketika hujan akan selalu disertai dengan petir. Petir hanya terjadi jika terdapat awan *Cumulonimbus* (Cb). Petir terjadi karena adanya perbedaan potensial antara dua medium. Dalam hal ini dua medium tersebut yaitu antara awan dan bumi atau awan dengan awan. Dalam kondisi cuaca yang normal perbedaan potensial antara permukaan bumi dengan ionosphere adalah sekitar 200.000 sampai 500.000 volt dengan kerapatan arus sekitar 2×10^{-12} Ampere/m².

Beda potensial ini disebabkan oleh distribusi badai guntur di permukaan bumi [3]. Petir dapat digolongkan dalam beberapa jenis. Berdasarkan proses terjadinya, petir dapat dibedakan menjadi 4 jenis [4], diantaranya:

Petir Awan ke Tanah (CG). Petir awan ke tanah (*cloud to ground / CG*), merupakan jenis petir yang paling berbahaya dan merusak. Sebagian besar terjadi dari pelepasan muatan negatif pada awan bagian bawah ke bumi. Namun sambaran positif juga mampu terjadi terutama di musim dingin (*winter*).

Petir Dalam Awan (IC). Petir dalam awan (*intracloud / IC*), merupakan jenis petir yang paling umum terjadi antara pusat-pusat muatan berlawanan dalam satu awan yang sama.

Petir Awan ke awan (CC) Petir awan ke awan (*cloud to cloud / CC*), petir jenis ini terjadi antara pusat-pusat muatan yang berbeda pada awan yang berbeda pula. Pelepasan muatan terjadi pada udara cerah antara awan awan tersebut.



Gambar 1. Tipe Awan Ke Tanah / *Cloud to ground* (CG) (BMKG, 2002)



Gambar 2. Tipe Petir Dalam Awan / *Intracloud* (IC) (BMKG, 2002)



Gambar 3. Tipe awan ke awan/*Cloud to cloud (CC)* (BMKG, 2002)



Gambar 4. Tipe awan ke udara/*Cloud to air (CA)* (sumber : BMKG, 2002)

Petir Awan ke udara (CA). Biasanya terjadi antara awan bermuatan positif dengan udara bermuatan negatif. Jika petir ini terjadi pada awan bagian bawah maka merupakan kombinasi dengan petir tipe CG. Petir CA tampak seperti jari-jari yang berasal dari petir CG.

Kajian Resiko Bencana. Kajian risiko bencana merupakan sebuah pendekatan untuk menunjukkan potensi dampak negatif yang mungkin muncul akibat suatu potensi bencana yang melanda. Potensi dampak negatif dihitung berdasarkan tingkat kerentanan dan kapasitas suatu kawasan yang dapat dilihat dari potensi jumlah jiwa yang terpapar, kerugian harta benda dan kerusakan lingkungan. Pengkajian risiko bencana dapat dilaksanakan oleh lembaga manapun, baik akademisi, dunia usaha maupun LSM ataupun organisasi asal tetap berada dibawah tanggung jawab pemerintah dengan menggunakan metode yang telah ditetapkan oleh BNPB. Masa berlaku suatu kajian risiko bencana daerah yaitu 5 tahun [5].

Penentuan tingkat kerawanan suatu kawasan terhadap sambaran petir sangat bergantung oleh beberapa faktor yang saling berkaitan. Selain tingkat ancaman itu sendiri yaitu intensitas sambaran petir, potensi jumlah jiwa terpapar serta potensi kerugian juga ikut berpengaruh. Untuk dapat menentukan tingkat kerawanan sambaran petir suatu kawasan dibandingkan dengan kawasan lain diperlukan sebuah metode perankingan yang memuat ketiga unsur didalamnya.

Dari kondisi diatas maka dibutuhkan sebuah sistem pendukung keputusan. Sistem pendukung keputusan dapat didefinisikan sebagai sebuah sistem yang mendukung seseorang dalam mengambil keputusan

berdasarkan perankingan. Perankingan tersebut didapatkan dengan cara memberikan penilaian terhadap alternatif yang ada. Salah satu metode dalam mendukung pengambilan keputusan adalah metode penjumlahan terbobot atau yang lebih dikenal dengan metode *Simple Additive Weighting (SAW)*.

Metode *Simple Additive Weighting (SAW)* merupakan salah satu metode dari *Multiple Attribute Decision Making (MADM)* yang paling sederhana. MADM adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan alternatif yang paling bagus dari sejumlah alternatif yang ada berdasarkan kriteria tertentu. Pada dasarnya MADM merupakan penentuan bobot tiap atribut dilanjutkan dengan perankingan yang akan menyeleksi alternatif yang ada.

Metode SAW atau yang juga dikenal sebagai metode penjumlahan terbobot, pada dasarnya mencari penjumlahan terbobot dari rating kinerja pada setiap alternatif pada semua atribut [6,7]. Metode ini memerlukan proses normalisasi matriks keputusan (X) ke dalam skala sehingga dapat diperbandingkan dengan semua rating alternatif yang ada. Rating kinerja ternormalisasi dapat diformulasikan [8] sebagai berikut:

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\text{Max}x_{ij}} \\ \frac{\text{Min}x_{ij}}{x_{ij}} \end{cases} \quad (1)$$

Jika j adalah atribut keuntungan (*benefit*)

Jika i adalah atribut biaya (*cost*)

dimana:

- r_{ij} : rating kinerja ternormalisasi dari alternatif A_i dan atribut C_j
- X_{ij} : nilai pada alternatif ke-i dan atribut ke-j
- Max X_{ij} : nilai maksimum atribut ke-j
- Min X_{ij} : nilai minimum atribut ke-j
- i : 1,2 ,...,m
- j : 1,2,.....n

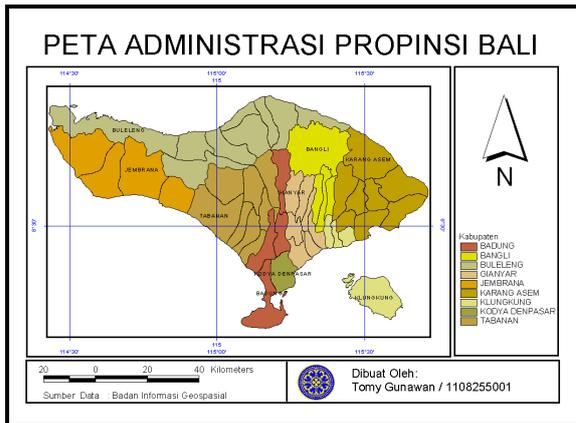
Sedangkan nilai preferensi untuk setiap alternatif (V_i) diformulasikan sebagai berikut:

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad (2)$$

dimana :

- V_i : nilai preferensi untuk setiap alternatif ke-i
- w_j : bobot untuk setiap atribut ke-j Dari formulasi diatas nilai V_i yang lebih besar menunjukkan alternatif A_i yang lebih terpilih.

2. Metode Penelitian



Gambar 5. Peta Lokasi Sebaran Data Penelitian

Penelitian dilakukan di Kantor Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III yang berlokasi di Jl. Raya Tuban Kecamatan Kuta Kabupaten Badung.

Daerah yang dijadikan penelitian adalah wilayah Provinsi Bali. Secara astronomis Provinsi Bali terletak diantara $08^{\circ}03'40''$ - $08^{\circ}50'48''$ LS dan $114^{\circ}25'53''$ - $115^{\circ}42'40''$ BT dengan luas wilayah mencapai $5.636,66 \text{ km}^2$. Provinsi Bali dibagi menjadi delapan kabupaten dan satu kota. Dari sembilan kabupaten/kota tersebut dibagi lagi menjadi 57 kecamatan [9].

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data Petir Provinsi Bali tahun 2009 - 2013 yang diperoleh dari Stasiun Geofisika BMKG Sanglah Denpasar.
2. Data jumlah penduduk perkecamatan Provinsi Bali tahun 2011 yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik Provinsi Bali.
3. Data luas lahan yang difungsikan sebagai perumahan dan bangunan perkecamatan Provinsi Bali tahun 2011 yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik Provinsi Bali.
4. Data luas wilayah tiap kecamatan di Provinsi Bali yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik Provinsi Bali.

Ada 3 Tahapan Menentukan Ancaman, Kerentanan, Kerawanan Sambaran Petir , yaitu :

Menentukan Tingkat Ancaman Sambaran Petir Perkecamatan di Provinsi Bali. Dalam menentukan tingkat ancaman sambaran petir perkecamatan di Provinsi Bali dilakukan melalui beberapa langkah yaitu:

1. Mengolah data mentah sambaran petir dalam bentuk *.ldc menjadi data *.kml dengan menggunakan aplikasi *lightning.exe*, sehingga diperoleh data petir dalam berupa tanggal, waktu, lintang, bujur dan jenis kejadian petir.

2. Menggabungkan data petir perhari dalam bentuk *.kml menjadi data petir pertahun dan menyimpannya dalam bentuk *.txt menggunakan aplikasi Microsoft Excel.
3. Memilah (sortir) data sambaran pertahun berdasarkan kecamatan dengan menggunakan aplikasi ArcView GIS 3.3.
4. Menentukan nilai kerapatan sambaran petir dengan menghitung jumlah sambaran pertahun per km^2 dengan menggunakan rumus:

$$d = \frac{x}{A_{wil}} \quad (3)$$

dimana :

- d : kerapatan sambaran petir pertahun per- km^2
 \bar{x} : jumlah sambaran rata-rata pertahun perkecamatan
 A_{wil} : luas wilayah kecamatan (km^2)

5. Menentukan tingkat ancaman sambaran petir tiap kecamatan kedalam lima tingkatan yaitu sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah dan sangat rendah dimana interval tiap tingkatan dihitung berdasarkan persamaan statistik sebagai berikut:

$$I_{ancaman} = \frac{\Delta d}{5} \quad (4)$$

dimana :

- $I_{ancaman}$: interval tiap tingkatan kerentanan sambaran petir
 Δd : rentang nilai kerapatan sambaran pertahun per- km^2

Menentukan Tingkat Kerentanan Sambaran Petir Perkecamatan di Provinsi Bali. Dalam menentukan tingkat kerentanan suatu kecamatan terhadap sambaran petir di Provinsi Bali dilakukan melalui beberapa langkah yaitu:

1. Menentukan nilai prosentase penggunaan lahan untuk rumah dan bangunan tiap kecamatan terhadap luas wilayah kecamatan dengan persamaan berikut :

$$p = \frac{A}{A_{wil}} \times 100\% \quad (5)$$

dimana :

- p : prosentase penggunaan lahan untuk rumah dan bangunan terhadap luas wilayah kecamatan.
 A : luas lahan yang digunakan sebagai rumah dan bangunan (km^2)
 A_{wil} : luas wilayah kecamatan (km^2)

2. Menentukan tingkat kerentanan menggunakan metode *simple additive weighting* (SAW) berdasarkan data kepadatan penduduk perkecamatan tahun 2011 dan data prosentase

penggunaan lahan untuk rumah dan bangunan terhadap luas wilayah kecamatan menggunakan beberapa persamaan berikut dengan bantuan aplikasi MATLAB 7.0 :

- Menentukan nilai kepadatan penduduk perkecamatan ternormalisasi tiap kecamatan

$$q_{norm} = \frac{q}{q_{max}} \quad (6)$$

dimana :

- q_{norm} : nilai kepadatan penduduk perkecamatan ternormalisasi
- q : nilai kepadatan penduduk perkecamatan (jiwa/ km²)
- q_{max} : nilai kepadatan penduduk perkecamatan tertinggi (jiwa/km²)

- Menentukan nilai prosentase luas penggunaan lahan untuk rumah dan bangunan terhadap luas wilayah kecamatan ternormalisasi tiap kecamatan

$$p_{norm} = \frac{p}{p_{max}} \quad (7)$$

dimana :

- p_{norm} : nilai penggunaan lahan perkecamatan ternormalisasi
- p : nilai prosentase penggunaan lahan tiap kecamatan
- p_{max} : nilai prosentase penggunaan lahan tiap kecamatan tertinggi

- Menentukan nilai preferensi kerawanan tiap kecamatan

$$V_{rentan} = (q_{norm} \times w_q) + (p_{norm} \times w_p) \quad (8)$$

dimana :

- V_{rentan} : nilai preferensi kerentanan tiap kecamatan
- q_{norm} : nilai kepadatan penduduk perkecamatan ternormalisasi
- w_q : bobot untuk faktor kepadatan penduduk (0,33)
- p_{norm} : nilai penggunaan lahan perkecamatan ternormalisasi
- w_p : bobot untuk faktor prosentase penggunaan lahan (0,67)

- Menentukan tingkat kerentanan suatu kecamatan kedalam lima tingkatan yaitu sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah dan sangat rendah dimana interval tiap tingkatan ditentukan dengan menggunakan persamaan statistik sebagai berikut:

$$I_{rentan} = \frac{\Delta V_{rentan}}{5} \quad (9)$$

dimana :

- I_{rentan} : interval tiap tingkatan kerentanan sambaran petir
- ΔV_{rentan} : rentang nilai preferensi kerentanan

Menentukan Tingkat Kerawanan Sambaran Petir Perkecamatan di Provinsi Bali.

Tingkat kerawanan suatu daerah dalam hal ini kecamatan ditentukan berdasarkan tingkat ancaman dan kerentanan yang sebelumnya telah ditentukan dengan menggunakan metode SAW melalui beberapa langkah berikut:

- Menentukan nilai kerapatan sambaran petir ternormalisasi untuk tiap kecamatan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$d_{norm} = \frac{d}{d_{max}} \quad (10)$$

dimana:

- d_{norm} : nilai kerapatan sambaran ternormalisasi
- d : nilai kerapatan sambaran tiap kecamatan
- d_{max} : nilai kerapatan sambaran tiap kecamatan tertinggi

- Menentukan nilai preferensi kerawanan tiap kecamatan dengan menjumlahkan nilai kedua faktor yang telah dikalikan dengan bobot masing-masing.

$$V_{rawan} = (d_{norm} \times w_d) + (V_{rentan} \times w_{rentan}) \quad (11)$$

dimana:

- V_{rawan} : nilai preferensi kerawanan sambaran tiap kecamatan
- d_{norm} : nilai kerapatan sambaran ternormalisasi
- w_d : bobot untuk faktor ancaman (0,5)
- V_{rentan} : nilai preferensi kerentanan tiap kecamatan
- w_{rentan} : bobot untuk faktor kerentanan (0,5)

- Menentukan tingkat kerawanan dalam tiga kategori yaitu rawan, sedang dan aman berdasarkan nilai indeks kerawanan tiap kecamatan yang didapat pada langkah ke-3. Interval tiap tingkatan ditentukan dengan menggunakan persamaan statistik sebagai berikut:

$$I_{rawan} = \frac{\Delta V_{rawan}}{3} \quad (12)$$

dimana :

I_{rawan} :interval tiap tingkatan kerawanan sambaran petir

ΔV_{rawan} : rentang nilai preferensi kerawanan

3. Hasil Dan Pembahasan

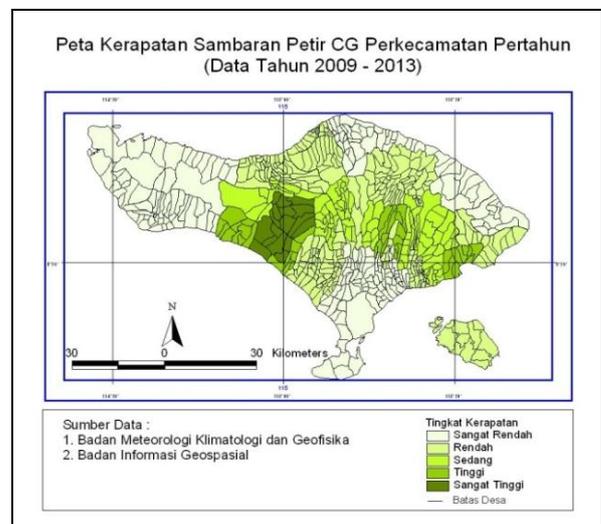
Petir merupakan fenomena alam yang erat hubungannya dengan kondisi cuaca di suatu wilayah. Kejadian petir tidak mengenal batas wilayah. Namun dalam penelitian ini penulis ingin mengkaji kerawanan sambaran petir pada tingkat kecamatan di Provinsi Bali. Berdasarkan hasil pengolahan data kejadian petir CG di wilayah Bali tahun 2009 – 2013 menunjukkan bahwa dalam kurun waktu lima tahun telah tercatat kejadian petir CG sebanyak 276.764 kejadian. Dari jumlah kejadian petir tersebut sebesar 20.36% merupakan jenis petir CG+ sedangkan sisanya sebesar 79.64% merupakan CG-. Hal ini menunjukkan bahwa kejadian petir CG di Bali didominasi oleh jenis petir CG-.

Hasil Analisis Tingkat Ancaman Bahaya Sambaran Petir Perkecamatan. Berdasarkan nilai rata-rata kejadian petir CG perkecamatan pertahun, maka dapat dihasilkan nilai kerapatannya dengan membagi luas wilayah kecamatan itu sendiri. Nilai kerapatan inilah yang nantinya akan digunakan untuk membandingkan tingkat ancaman bahaya sambaran petir suatu kecamatan. Semakin tinggi nilai kerapatan kejadian petir CG perkecamatan pertahun menunjukkan semakin tinggi pula tingkat ancaman wilayah tersebut terhadap bahaya sambaran petir. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa dari 53 kecamatan dan satu kota terdapat dua kecamatan dengan tingkat ancaman sangat tinggi yaitu kecamatan Selemadeg Barat dan kecamatan Pupuan di mana keduanya berada pada kabupaten Tabanan, sedangkan lima kecamatan yaitu Tegallalang, Selemadeg, Manggis, Pekutatan dan Susut memiliki ancaman relatif tinggi dibanding satu kota dan 46 kecamatan lainnya.

Gambar 6 dan Tabel 1 menunjukkan bahwa dari delapan kabupaten dan satu kota dapat dikatakan bahwa kabupaten Tabanan memiliki tingkat ancaman yang relatif tinggi. Hal ini dapat dilihat lima dari 10 kecamatan diwilayahnya berada pada tingkat ancaman sedang hingga tinggi dan tidak ada kecamatan dengan tingkat ancaman sangat rendah. Kota Denpasar dan kabupaten Badung dapat dikatakan memiliki tingkat ancaman relatif rendah. Hal ini dapat dilihat bahwa hampir seluruh wilayahnya berada dalam kategori ancaman sangat rendah, hanya kecamatan Petang saja yang berada pada tingkat ancaman rendah.

Tabel 1. Tingkat ancaman bahaya sambaran petir perkecamatan

Tingkat Ancaman	Kecamatan	Kerapatan Sambaran (d) (sambaran per-km ² pertahun)
Sangat Tinggi	Selemadeg Barat, Pupuan	$d > 24$
Tinggi	Tegallalang, Selemadeg, Manggis, Pekutatan, Susut	$18 < d \leq 24$
Sedang	Payangan, Baturiti, Penebel, Rendang, Bangli, Tembuku, Busungbiu, Dawan, Selat, Sidemen	$12 < d \leq 18$
Rendah	Petang, Tampaksiring, Tabanan, Kediri, Marga, Selemadeg Timur, Kerambitan, Kintamani, Buleleng, Seririt, Sukasada, Banjar, Banjarangkan, Klungkung, Nusa Penida, Bebandem, Karangasem	$6 < d \leq 12$
Sangat Rendah	Denpasar, Mengwi, Kuta, Kuta Utara, Abiansemal, Kuta Selatan, Ubud, Blahbatuh, Sukawati, Gianyar, Kubu, Abang, Mendoyo, Melaya, Negara, Jembrana, Tejakula, Kubutambahan, Gerokgak, Sawan	$d \leq 6$



Gambar 6. Peta Kerapatan Sambaran Petir CG Perkecamatan Pertahun

Sukasada, Bebandem,
 Selemadeg Barat, Selat,
 Selemadeg Timur,
 Kubutambahan, Penebel,
 Melaya, Kintamani,
 Pekutatan, Abang,
 Selemadeg, Tegallalang,
 Baturiti, Tembuku,
 Manggis, Seririt, Payangan

Hasil Analisis Tingkat Kerentanan. Dalam kajian sebuah resiko bencana kerentanan suatu wilayah terhadap bencana tertentu dapat dilihat dari potensi jumlah jiwa yang terpapar, kerugian harta benda dan kerusakan lingkungan. Dalam penentuan tingkat kerentanan bahaya sambaran petir penulis memasukkan faktor kepadatan penduduk dan prosentase penggunaan lahan sebagai rumah dan bangunan terhadap luas wilayah perkecamatan (lihat Tabel 3). Mengacu pada sifat petir yang cenderung menyambar benda yang lebih tinggi, penulis memberikan bobot sebesar 67% untuk faktor penggunaan lahan sebagai rumah dan bangunan dan 33% untuk faktor kepadatan penduduk.

Dari nilai bobot tersebut menyatakan bahwa bangunan dua kali lebih rentan tersambar dibanding manusia. Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa hanya kota Denpasar yang memiliki kerentanan dengan kategori sangat tinggi, lalu kecamatan Kuta dengan kategori tinggi. Tingginya kerentanan dua wilayah tersebut dikarenakan dua wilayah tersebut merupakan wilayah yang sangat padat penduduk dan dengan tingkat pembangunan infrastruktur yang tinggi mengingat kota Denpasar merupakan ibukota provinsi sedangkan Kuta merupakan daerah pariwisata internasional. Gambar 7 menunjukkan bahwa Bali bagian selatan lebih rentan akan bahaya sambaran petir dan untuk bagian utara hanya kecamatan Buleleng yang cukup rentan akan bahaya sambaran petir.

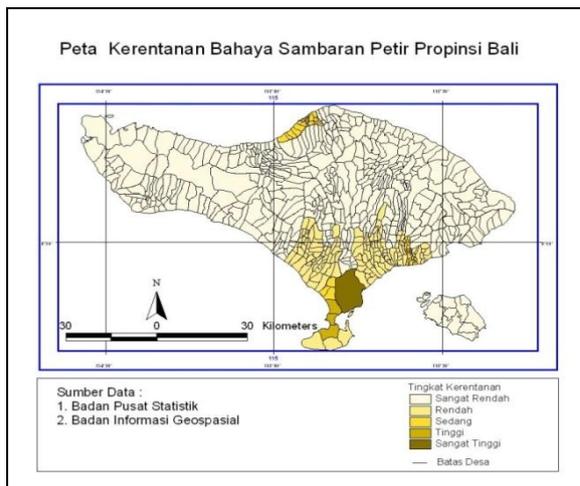
Tabel 2. Tingkat kerentanan bahaya sambaran petir perkecamatan

Tingkat Kerentanan	Kecamatan	Nilai Preferensi (V_{rentan})
Sangat Tinggi	Denpasar	$V_{rentan} > 0.8$
Tinggi	Kuta	$0.6 < V_{rentan} \leq 0.8$
Sedang	Kuta Utara, Buleleng, Klungkung	$0.4 < V_{rentan} \leq 0.6$
Rendah	Blahbatuh, Kerambitan, Kediri, Mengwi, Dawan, Tampaksiring, Banjarangkan, Gianyar, Sukawati, Ubud, Kuta Selatan, Tabanan	$0.2 < V_{rentan} \leq 0.4$
Sangat Rendah	Negara, Abiansemal, Bangli, Sidemen, Marga, Jembrana, Tejakula, Karangasem, Susut, Sawan, Petang, Nusa Penida, Pupuan, Busungbiu, Kubu, Gerokgak, Banjar, Rendang, Mendoyo,	$V_{rentan} \leq 0.2$

Tabel 3. Tabel Kepadatan Penduduk dan Luas Lahan yang Difungsikan sebagai Bangunan Per-Kecamatan di Provinsi Bali Tahun 2011

Kab	Kecamatan	Kepadatan Penduduk (Jiwa/km ²)	Luas Lahan untuk Bangunan (km ²)
Denpasar	Denpasar Barat	9705	79.5
	Denpasar Utara	5769	
	Denpasar Timur	5597	
	Denpasar Selatan	4999	
Badung	Kuta	2287	12.68
	Kuta Utara	1890	11.52
	Mengwi	1349	13.72
	Abiansemal	1211	7.92
	Kuta Selatan	723	35.86
	Petang	248	0.93
Gianyar	Sukawati	2038	10.96
	Gianyar	1743	10.13
	Blahbatuh	1685	5.39
	Ubud	1661	9.81
	Tampaksiring	1092	8.32
	Tegallalang	827	1.98
	Payangan	551	5.33
Tabanan	Kediri	1431	8.32
	Tabanan	1292	14.82
	Marga	980	4.65
	Kerambitan	943	7.64
	Baturiti	521	5.08
	Selemadeg Timur	437	2.20
	Selemadeg	421	2.90
	Penebel	355	6.68
	Pupuan	226	2.17
	Selemadeg Barat	185	6.16
Karangasem	Sidemen	1014	3.79
	Karangasem	926	5.58
	Maggis	689	3.41
	Bebandem	608	1.91
	Abang	558	6.03
	Selat	529	2.59
	Rendang	348	3.22
	Kubu	309	2.81
Klungkung	Klungkung	1983	4.47
	Dawan	1093	2.61
	Banjarangkan	863	4.05
	Nusa Penida	239	2.19
Jembrana	Negara	608	20.68
	Jembrana	552	15.64
	Melaya	275	10.85
	Pekutatan	220	5.98
Bangli	Mendoyo	212	11.07
	Susut	873	3.01
	Bangli	807	7.45
Buleleng	Tembuku	725	2.07
	Kintamani	252	20.73
	Buleleng	2573	14.57
	Sawan	749	6.16
Seririt	Seririt	728	5.33

Tejakula	713	10.34
Kubutambahan	515	4.31
Sukasada	424	5.36
Banjar	394	4.49
Gerokgak	241	5.78
Busungbiu	235	3.20



Gambar 7. Peta Kerentanan Bahaya Sambaran Petir Provinsi Bali

Analisis Tingkat Kerawanan Sambaran Petir.

Penelitian kerawanan petir dengan metode yang sama (Simple Additive Weighting Methode) pernah dilakukan oleh Sugiono dengan daerah penelitian Provinsi Lampung. Sugiono mengelompokkan tingkat kerawanan sambaran petir dalam 5 tingkatan. Kerawanan tersebut didapat dengan mengolah data kepadatan penduduk dan jumlah sambaran petir [10]. Berbeda dengan penelitian ini, penulis tidak hanya menggabungkan data petir dan data penduduk tapi juga menggunakan data luas penggunaan lahan untuk bangunan. Pada penelitian tingkat kerawanan dikelompokkan hanya dalam 3 tingkatan, hal ini dimaksudkan agar mudah dipahami oleh pembaca.

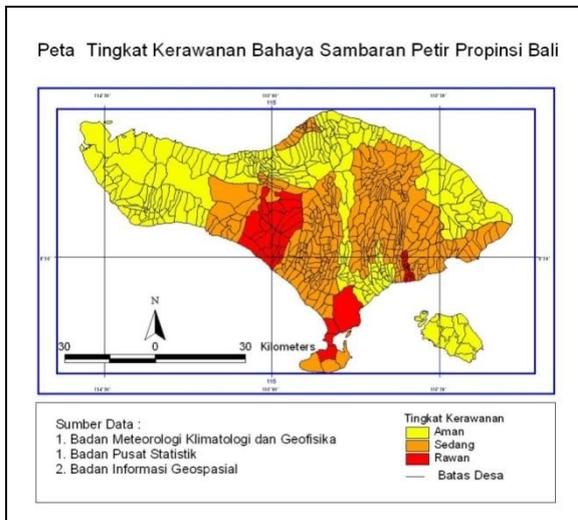
Tingkat kerawanan sambaran petir suatu wilayah atau dalam hal ini adalah kecamatan ditentukan berdasarkan faktor ancaman dan kerentanan. Seperti pada bahasan sebelumnya faktor ancaman didapat dari nilai kerapatan sambaran petir CG pertahun per km² dan faktor kerentanan didapat dari nilai kepadatan penduduk perkecamatan dan prosentase penggunaan lahan untuk rumah dan bangunan. Dalam penelitian ini tiap faktor atau atribut diberikan bobot 50% di mana hal ini menunjukkan bahwa tingkat ancaman dan tingkat kerentanan memberikan kontribusi yang sama terhadap kerawanan sambaran petir.

Tabel 4 menunjukkan bahwa dari 54 kecamatan/kota hanya 6 kecamatan /kota yang berada dalam tingkat rawan jika dibandingkan dengan 48 kecamatan lainnya, dan dari 48 kecamatan sisanya 27 kecamatan dalam kategori sedang dan 21 kecamatan dalam kategori aman. Enam kecamatan/kota dengan kategori rawan, tingkat kerawanan kecamatan kuta dan kota Denpasar lebih dikarenakan faktor kerentanannya yang

cukup tinggi. Di mana kepadatan penduduk dan penggunaan lahan untuk rumah dan bangunan cukup tinggi di kedua wilayah tersebut. Sedangkan faktor ancaman yang diindikasikan dari kerapatan sambaran pertahun per km² relatif rendah. Tiga kecamatan lainnya yang juga dalam kategori rawan yaitu kecamatan Pupuan, kecamatan Selemadeg dan kecamatan Selemadeg Barat lebih dikarenakan memang ancaman sambaran petir yang cukup tinggi di wilayah tersebut, sedangkan faktor kerentanannya rendah. Gambar 8 memperlihatkan bahwa daerah yang relatif rawan terhadap bahaya sambaran petir adalah Bali bagian selatan, sebagian wilayah Tabanan dan sebagian kecil wilayah Klungkung.

Tabel 4. Tingkat kerawanan bahaya sambaran petir perkecamatan

Tingkat Kerawanan	Kecamatan	Nilai Preferensi (V_{rawan})
Rawan	Selemadeg Barat, Denpasar, Kuta, Pupuan, Klungkung, Selemadeg	$V_{\text{rawan}} > 0.4$
Sedang	Karangasem, Ubud, Kuta Selatan, Kintamani, Mengwi, Busungbiu, Marga, Selat, Banjarangkan, Tampaksiring, Kediri, Penebel, Kerambitan, Tabanan, Baturiti, Kuta Utara, Rendang, Payangan, Tembuku, Sidemen, Bangli, Tegallalang, Buleleng, Manggis, Pekutatan, Susut, Dawan	$0.2 < V_{\text{rawan}} \leq 0.4$
Aman	Gerokgak, Kubu, Kubutambahan, Sawan, Abang, Abiansemal, Mendoyo, Jembrana, Melaya, Tejakula, Petang, Negara, Blahbatuh, Sukasada, Banjar, Gianyar, Bebandem, Sukawati, Seririt, Nusa Penida, Selemadeg Timur	$V_{\text{rawan}} \leq 0.2$



Gambar 8. Peta Kerawanan Bahaya Sambaran Petir Provinsi Bali

4. Kesimpulan

Berdasarkan nilai kerapatan sambaran pertahun per-km² menunjukkan bahwa dua kecamatan dengan tingkat ancaman sambaran petir sangat tinggi yaitu kecamatan Selemadeg Barat dan kecamatan Pupuan yang masing masing memiliki nilai kerapatan sambaran 31 dan 26 sambaran pertahun per-km², sedangkan lima kecamatan yaitu Tegalalang, Selemadeg, Manggis, Pekutatan dan Susut memiliki tingkat ancaman sambaran dalam kategori tinggi dengan rentang nilai kerapatan sambaran 19-24 sambaran pertahun per-km², 46 kecamatan dan satu kota lainnya berada dalam kategori sedang hingga sangat rendah dengan nilai kerapatan sambaran kurang dari 19 sambaran pertahun per-km².

Berdasarkan faktor kepadatan penduduk dan luas penggunaan lahan untuk rumah dan bangunan didapatkan kota Denpasar memiliki tingkat kerentanan sangat tinggi disusul dengan kecamatan Kuta dengan kategori tinggi sedangkan tiga kecamatan yaitu Klungkung, Buleleng, Kuta Utara berada dalam kategori sedang dan 49 kecamatan lainnya berada dalam kategori rendah hingga sangat rendah.

Hasil analisa tingkat kerawanan menunjukkan bahwa enam kecamatan yaitu Selemadeg Barat, Denpasar,

Kuta, Pupuan, Klungkung dan Selemadeg memiliki tingkat kerawanan sambaran petir dalam kategori rawan, sedangkan 27 kecamatan lainnya berada dalam kategori sedang dan 21 kecamatan sisanya berada dalam kategori aman.

5. Daftar Pustaka

- [1] Husni, M. (2006). *Workshop Penanggulangan Bencana Alam, Gempabumi, Cuaca dan Iklim*. BMKG. Jakarta
- [2] Ibrahim, Gunawan; Sasmito, Achmad; Husni, M. *Karakteristik Hari Guntur (Thunderstorm Day) Di Wilayah Indonesia*. Seminar HAGI, 21-23 Oktober 2002. Batu-Malang.
- [3] Husni, M. (2008). *Bahan Ajar Diklat Teknis Geofisika : Pengamatan Petir*. Pusdiklat BMKG. Jakarta
- [4] Husni, M. (2002). Mengenal Bahaya Petir. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 3(4), Oktober-Desember 2002. BMKG. Jakarta.
- [5] BNPB. (2012). *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 02 Tahun 2012 tentang Pedoman Pengkajian Resiko Bencana*. BNPB. Jakarta
- [6] Fishburn, P.C. (1967). *Additive utilities with incomplete product set: applications to priorities and assignments*. ORSA Publication. Baltimore
- [7] MacCrimmon, K.R. (1968). *Decision making among multiple attribute alternatives: a survey and consolidated approach*. Rand memorandum RM-4823-ARPA. Washington, DC
- [8] Idris, Sri Ani Lestari. (2012). *Analisis Perbandingan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Simple Additive Weighting (SAW)*. Program Studi Sistem Informasi Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo
- [9] BPS. (2012). *Bali Dalam Angka 2012*. BPS Provinsi Bali. Denpasar
- [10] Sugiono & Agani, Nazori. (2012). Model Peta Digital Rawan Sambaran Petir dengan menggunakan metode SAW (Simple Additive Weighting): Studi Kasus Provinsi Lampung. *Jurnal TELEMATIKA MKOM*, 4(1), 90-96.