

Analisis Potensi Kerusakan Akibat Gempa Menggunakan Metode Klasifikasi Bayesian

Tanwiril Awlad¹, Daryanto², Hardian Oktavianto³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
tanwirilawlad@gmail.com¹, daryanto@unmuhjember.ac.id², hardian@unmuhjember.ac.id³

ABSTRACT

Indonesia is a country with a very high hazard potency. Indonesia has an average tectonic earthquake activity of 6,512 earthquakes per year, 543 earthquakes per month and 18 earthquakes per day. In terms of disaster prevention as described above, it can be done one way is to evaluate the problem is through statistical studies using Bayesian analysis. This study aims to analyze the application of bayesian classification method of earthquake impact in Indonesia and measure the accuracy, recall, and precision of the analysis of the most likely earthquake magnitude in Indonesia using bayesian classification method. The data obtained from BMKG website amounts to 140 data with five kinds of regions in Indonesia that have attributes of earthquake magnitude, earthquake depth, event time, earthquake area, and possible effects. After classifying, the result for Sumatra, Sulawesi, Java, and Nusa Tenggara is potential damage, while for Maluku region is potential damage and damage occurs. For the average accuracy obtained is 78.37394%, the recall value is 78.35334%, and the average precision value obtained is 66.56%.

Keywords : *earthquake, potential damage, Bayesian classification method, accuracy, precision, recall*

1. PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah suatu fenomena alam yang kejadiannya bersifat acak, yaitu tidak teratur dalam ruang dan waktu. Secara umum sumber terjadinya gempa bumi ada 3, yaitu gempa bumi tektonik, vulkanik, dan akibat runtuh. Gempa bumi tektonik biasanya terjadi di pertemuan batas lempeng (*plate boundary*) yang saling bersinggungan.

Dilihat dari potensi bencana yang ada, Indonesia termasuk ke dalam negara yang memiliki potensi bencana (*hazard potency*) sangat tinggi. Beberapa potensi bencana yang ada di Indonesia antara lain bencana alam seperti gempa bumi, gunung

meletus, banjir, tanah longsor, dan lain-lain. Hal tersebut dapat terjadi karena beberapa kawasan Indonesia dilingkupi zona subduksi serta terdapat sesar aktif tergolong rawan bencana baik di wilayah Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Maluku, Sulawesi sampai Papua. Sedangkan kawasan Bengkulu memiliki catatan sejarah gempa bumi besar antara lain terjadi pada tahun 1833, 1914 dan 2000 serta tahun 2007. (<http://www2.esdm.go.id>).

Sabtaji (2020:31) melakukan perhitungan dan pemilahan data selama kurun waktu 11 tahun (2009-2019). Dari data yang didapatkan, wilayah Indonesia

memiliki rata-rata aktivitas gempa tektonik sebanyak 6.512 kejadian per tahunnya, 543 kejadian per bulannya dan 18 kejadian gempa per harinya. Sedangkan persentase jumlah kejadian berdasarkan klasifikasi magnitudo adalah 20,132% untuk $M < 3$, 44,569% untuk $3 \leq M < 4$, 30,615% untuk $4 \leq M < 5$, 4,368% untuk $5 \leq M < 6$, 0,282% untuk $6 \leq M < 7$ dan 0,034% untuk $M \geq 7$. Adapun persentase jumlah kejadian berdasarkan klasifikasi kedalaman gempa adalah 76,541% untuk $H \leq 60$ km (kedalaman dangkal), 21,802% untuk $60 < H \leq 300$ km (kedalaman menengah) dan 1,657% untuk $H > 300$ km (kedalaman gempa dalam).

Terdapat juga kejadian gempa luar biasa dari 11 tahun pengamatan dimana terjadi kejadian gempa bulanan cukup tinggi terhadap rata-rata kejadian gempa perbulannya, yakni Provinsi Bali, Nusa Tenggara Barat, Papua Barat, Sulawesi Barat dan Kalimantan Utara. Dan dari hasil pemilahan dan visualisasi grafik bulanan gempa per provinsi didapatkan jumlah gempa bulanan terbanyak terjadi di Provinsi Nusa Tenggara Barat pada Bulan Agustus 2018 sebanyak 1.658 kejadian gempa bumi.

Akibat terjadinya banyak gempa seperti penjelasan di atas, langkah-langkah untuk mengelola penanggulangan bencana menjadi sangat penting untuk dilakukan, baik sebelum, sesudah maupun saat terjadinya bencana. Langkah-langkah

lainnya yang dapat dilakukan pada saat sebelum terjadinya bencana adalah kegiatan pencegahan (*prevention*) dan kesiapsiagaan.

Papaioannaou (2016) menyatakan bahwa pendekatan Bayesian telah semakin diterapkan untuk banyak penelitian berbeda untuk mengembangkan perkiraan yang baru dari berbagai sumber data. Wang (2015) menyatakan bahwa pendekatan Bayesian adalah pendekatan yang relatif baru yang lebih berguna untuk mengevaluasi masalah dengan pengamatan sangat terbatas.

1.1 Perumusan Masalah

1. Bagaimana analisis potensi kerusakan yang diakibatkan oleh gempa di Indonesia menggunakan metode klasifikasi Bayesian?
2. Bagaimana tingkat akurasi, *recall*, dan presisi dari analisis potensi kerusakan yang diakibatkan oleh gempa di Indonesia menggunakan metode klasifikasi Bayesian?

1.2 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis penerapan metode klasifikasi bayesian untuk memprediksi potensi kerusakan yang diakibatkan oleh gempa di Indonesia.
2. Mengukur tingkat akurasi, *recall*, dan presisi dari analisis potensi kerusakan yang diakibatkan oleh gempa di Indonesia menggunakan metode klasifikasi Bayesian.

1.3 Manfaat Penelitian

1. Bagi BPBD (Badan Penanggulangan

Bencana Daerah), penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk membantu dalam mempercepat pengambilan keputusan daerah yang tanggap bencana.

2. Bagi Peneliti, penelitian ini digunakan sebagai tugas akhir pada program teknik informatika memenuhi syarat kelulusan pada Teknik Informatika S1, Program Universitas Muhammadiyah Jember.
3. Untuk bidang ilmu pengetahuan, penelitian tersebut diharapkan mampu menjadi literatur bagi penelitian-penelitian pada Metode *Bayesian* dan bidang-bidang yang terkait.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gempa Bumi

Menurut Pujiyanto, (2007) gempa bumi ialah fenomena alam yang dapat disebabkan oleh peristiwa buatan atau akibat kegiatan manusia maupun akibat dari peristiwa alam. Kedua peristiwa tersebut mengakibatkan tanah menjadi bergetar sebagai efek dari menjalarnya gelombang energi yang terpancar dari pusat gempa atau titik focus gempa. Menurut Pujiyanto ,(2007) gempa dapat bersumber dari beberapa fenomena antara lain sebagai berikut:

- a. Pergerakan Lempeng Tektonik.
- b. Sumber Panas Bumi.
- c. Material Bumi

- d. Aktivitas Meletusnya Gunung Berapi.

2.2 Karakteristik dan Parameter Gempa Bumi

Gempa bumi memiliki beberapa karakteristik yang biasa terjadi. Hal ini menyebabkan timbulnya sifat dan kebiasaan yang terjadi, berikut ini adalah karakteristik gempa bumi yang dapat diamati:

- a. Dapat terjadi dalam waktu yang sangat singkat atau dapat dihitung dengan satuan detik.
- b. Lokasi terjadinya gempa tidak dapat ditentukan atau random, tetapi biasanya terjadi di wilayah patahan dan juga jalur sesar tanah.
- c. Gempa bumi dapat mengakibatkan bencana alam.
- d. Gempa bumi dapat berpotensi terjadi secara berulang atau biasa disebut kala ulang. Kala ulang menunjukkan rentang waktu antara satu gempa dengan gempa berikutnya yang memiliki skala yang sama.
- e. Hingga sekarang gempa bumi belum bisa diprediksi kapan dan dimana akan terjadi.
- f. Gempa bumi tidak dapat dicegah, tetapi bencana alam lain yang timbul akibat gempa bumi dapat dikendalikan.

Sedangkan beberapa parameter dasar gempa bumi adalah sebagai berikut:

- a. *Hypocenter*, adalah pusat terjadinya gempa atau titik pergeseran lempeng atau tanah di dasar bumi.

- b. *Epicenter*, adalah titik pusat yang tepat berada di atas *hypocenter* pada permukaan bumi.
- c. *Bedrock*, adalah sebuah tanah keras dimana tempat mulai bekerjanya gempa.
- d. *Ground acceleration*, adalah percepatan gerak pada lapisan permukaan bumi akibat gempa bumi.
- e. *Amplification factor*, adalah faktor yang memperbesar percepatan gempa yang terjadi pada permukaan tanah. Biasanya diakibatkan oleh jenis tanah tertentu.
- f. Skala gempa, adalah suatu ukuran kekuatan gempa yang dapat diukur secara kuantitatif dan kualitatif. Pengukuran kekuatan gempa secara kuantitatif dilakukan pengukuran dengan skala *Richter* yang umumnya dikenal sebagai pengukuran skala magnitudo gempa bumi.

2.3 Kerusakan Akibat Gempa Bumi

Riwayat gempa bumi yang pernah terjadi di Indonesia menimbulkan banyak sekali kerusakan antara lain sebagai berikut:

- a. Kerusakan bangunan bagian bawah atau *soft story*.
- b. Detail bangunan yang kurang tepat
- c. Kerusakan bangunan non-struktur.
- d. Hilangnya nyawa seseorang atau terjadinya kecacatan pada seseorang.
- e. Kerusakan alam dan bangunan yang berstruktur akibat terdampak gempa bumi.
- f. Kerugian secara finansial yang biasanya

tidak sedikit.

2.4 Struktur Geografi Indonesia

Indonesia dikenal sebagai suatu negara kepulauan yang mempunyai banyak sekali gunung api yang berderet sepanjang 7000 kilometer, mulai dari Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, Sulawesi Utara, sampai Maluku (Wimpy S. Tjetjep, 1996: iv).

Indonesia terletak pada daerah pertemuan tiga lempeng atau yang biasa disebut *triple junction plate convergence*. Ketiga lempeng tersebut yaitu lempeng Eurasia, lempeng Samudera Pasifik dan lempeng India Australia yang masing-masing bergerak ke barat dan ke utara terhadap Eurasia.

Dengan penjelasan letak Indonesia di atas dapat diketahui bahwa Indonesia merupakan daerah yang sangat labil secara tektonik dan termasuk dalam salah satu pinggir benua yang sangat aktif di muka bumi. Hal tersebut mengakibatkan Indonesia merupakan salah satu Negara yang memiliki tingkat kegempaan yang tinggi di dunia, Indonesia memiliki tingkat kegempaan 10 kali lipat lebih tinggi daripada Amerika Serikat. (Arnold, 1986).

2.5 Metode Bayesian

Jananto pada tahun 2013 menyatakan bahwa algoritma Bayesian merupakan algoritma klasifikasi statistik dimana digunakan untuk melakukan prediksi secara probabilitas (kemungkinan) pada anggota suatu class.

Utomo pada tahun 2019 menyatakan bahwa teorema *Bayes* memiliki persamaan umum:

$$P(H|X) = \frac{P(X|H)P(H)}{P(X)}$$

X = Data dengan kelas yang belum diketahui

H = Hipotesis data X merupakan suatu class spesifik

P(H|X) = Probabilitas hipotesis H berdasarkan kondisi x (posteriori prob.)

P(H) = Probabilitas hipotesis H (prior prob.)

P(X|H) = Probabilitas X berdasarkan kondisi tersebut

P(X) = Probabilitas dari X

2.6 Confusion Matrix

Menurut Liu (2012: 82) *confusion matrix* adalah sebuah metode untuk evaluasi yang menggunakan tabel matriks yang terdapat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.1 *Confusion Matrix*

	Keadaan Sebenarnya	
Keadaan Hasil	Positive	Negative
Positive	<i>True positive</i>	<i>False positive</i>
Negative	<i>False negative</i>	<i>True negative</i>

Menurut Kusnanto (2016) nilai akurasi merupakan presentase jumlah record data yang diklasifikasikan secara benar oleh sebuah algoritma. Nilai presisi atau dikenal juga dengan nama *confidence* merupakan proporsi jumlah kasus yang diprediksi

positif yang juga positif benar pada data yang sebenarnya. Sedangkan nilai dari *recall* atau *sensitivity* merupakan proporsi jumlah kasus positif yang sebenarnya diprediksi positif secara benar.

2.7 Aplikasi Weka

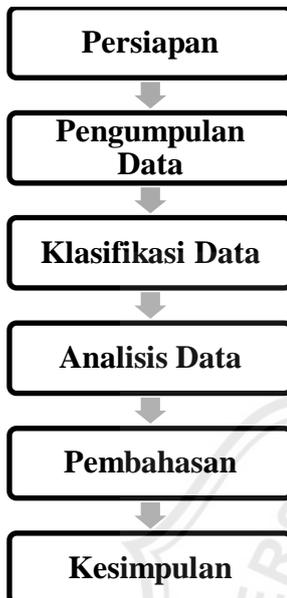
Waikato Environment for Knowledge Analysis adalah kepanjangan dari Weka. Aplikasi ini dibuat di Universitas Waikato, New Zealand yang digunakan untuk pendidikan, penelitian, dan aplikasi eksperimen *data mining*. Aplikasi Weka menyediakan proses implementasi algoritma pembelajaran *state of the art* yang dapat diterapkan pada *dataset* dari *command line*.

Dalam Aplikasi Weka terdapat beberapa *tools* untuk melakukan *preprocessing data*, *clustering*, aturan asosiasi, klasifikasi, regresi, serta visualisasi data. Adanya *tools* yang sudah tersedia, membuat pengguna dapat melakukan *preprocess* pada data, kemudian memasukkannya dalam sebuah skema pembelajaran, dan menganalisis *classifier* yang dihasilkan serta performa klasifikasinya. Semua langkah-langkah tersebut dapat dilakukan tanpa menulis kode program sama sekali. Contoh penggunaan Aplikasi Weka adalah penerapan sebuah metode pembelajaran ke *dataset* dan menganalisis hasilnya untuk memperoleh informasi tentang data, atau menerapkan

beberapa metode dan membandingkan performa untuk dipilih. (Muslim, dkk : 57).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian

1) Fase Persiapan

Pada fase ini, peneliti melakukan persiapan berupa observasi untuk mendapatkan data awal mengenai gempa di Indonesia dengan mengunjungi situs web BMKG.

2) Fase Pengumpulan Data

Peneliti mengumpulkan data yang berasal dari data situs web BMKG. Data yang berjumlah 140 data *record* dengan atribut kriteria gempa, wilayah, dan skala magnitudonya.

3) Fase Klasifikasi Data

Fase ini, peneliti melakukan perhitungan menggunakan metode

klasifikasi Bayesian menggunakan aplikasi Weka versi 3.9.5.

4) Fase Pembahasan

Pada fase ini, peneliti membahas hasil penelitian yang telah dianalisis sebelumnya. Peneliti juga membahas kendala yang dialami selama penelitian berlangsung.

5) Fase Kesimpulan

Fase terakhir adalah fase kesimpulan, dimana peneliti menyimpulkan hasil penelitian yang telah dilakukan, serta memberikan saran bagi peneliti selanjutnya.

3.2 Metode Klasifikasi Data

Berikut ini adalah metode klasifikasi data yang dilakukan oleh peneliti:

1) Proses 1 : Data *Training*

Peneliti menggunakan 80% dari total 140 atau sejumlah 112 data sebagai data *training* yang akan diproses menggunakan analisis *Bayesian*. Data tersebut meliputi wilayah kejadian, magnitudo, kedalaman dan waktu terjadinya gempa pada beberapa wilayah di Indonesia seperti, Pulau Sumatera, Pulau Jawa, Kepulauan Maluku, Kepulauan Nusa Tenggara, dan Pulau Sulawesi.

2) Proses 2 : Membuat data *Preprocessing*

Setelah data *training* tersedia, peneliti membuat data *preprocessing* yang berisi efek yang ditimbulkan ketika gempa tersebut terjadi. Efek yang ditimbulkan berupa skala MMI yang berisi potensi kerusakan yang akan terjadi.

3) Proses 3 : Membuat data *Testing*

Langkah yang ketiga adalah membuat data *testing*. Data *testing* dibuat untuk menguji data yang sudah tersedia. Data *testing* yang dibuat oleh peneliti disesuaikan dengan wilayah yang tersedia pada data *training*. Data *testing* yang dibuat oleh peneliti adalah 20% dari total 140 data atau sejumlah 28 data.

4) Proses 4 : Mengklasifikasi data pada aplikasi Weka versi 3.9.5

Langkah yang keempat adalah mengklasifikasi data *testing* yang telah tersedia menggunakan aplikasi Weka versi 3.9.5 sesuai dengan urutan berikut:

- a. Mempersiapkan file data set dengan format .csv yang telah dibuat berdasarkan masing-masing wilayah.
- b. Membuat data set.
- c. Membuka aplikasi Weka versi 3.9.5 kemudian pilih menu *explorer*.
- d. Setelah menu *explorer* dibuka, maka langkah selanjutnya yaitu memilih data *testing* yang telah dibuat sebelumnya dengan mengklik menu *open file* => pilih data yang akan diinputkan kemudian klik *open*.
- e. Setelah data berhasil diinput, kemudian memilih atribut yang akan diklasifikasi dimana pada penelitian ini adalah efek yang ditimbulkan jika terjadi gempa.
- f. Setelah atribut data dipilih, selanjutnya klik tab *Classify* => klik

Choose => pilih metode *Naïve Bayes* pada folder *Bayes*.

5) Proses 5 : Menganalisis data

Hasil yang dianalisis berupa efek yang terjadi ketika terjadi gempa. Sedangkan hasil analisis berupa pengukuran tingkat akurasi, presisi, dan *recall* efek yang terjadi ketika terjadi gempa yang dihasilkan dari *Confussion Matrix* pada aplikasi Weka versi 3.9.5.

3.3 Metode Analisis Data

Data hasil yang telah diperoleh berdasarkan perhitungan akan diolah dan dianalisis untuk menjawab pertanyaan pada rumusan masalah. Menurut Liu (2011:83) data yang diperoleh dapat dihitung presisinya dengan menggunakan rumus:

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\%$$

Kemudian data tersebut dapat dihitung nilai *recall* dan akurasi dengan menggunakan rumus:

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \times 100\%$$

4. IMPLMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1 Hasil Klasifikasi Menggunakan Metode Bayesian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif karena data pada penelitian ini berupa angka-angka dan analisis menggunakan statistik. Penelitian ini

bertujuan untuk menganalisis penerapan metode klasifikasi bayesian untuk memprediksi potensi kerusakan yang diakibatkan oleh gempa di Indonesia serta mengukur tingkat akurasi, presisi, dan *recall* dari analisis potensi kerusakan yang diakibatkan oleh gempa di Indonesia menggunakan metode klasifikasi Bayesian. Penelitian ini dilaksanakan pada awal Januari tahun 2021. Pengambilan data *record* gempa dilakukan mulai dari bulan September sampai Desember 2020.

Menurut Myatt (2007:167) terdapat beberapa cara memisahkan data *training* dan data *testing*, salah satunya dengan cara *Hold Out* yaitu dengan mengacak data *record* yang tersedia kemudian membagi menjadi dua bagian data. Pada penelitian ini, peneliti membagi data *record* menjadi 80% data atau sejumlah 112 data untuk data *training*.

Pada wilayah Sumatera terdapat 46 data *testing* yang diklasifikasi. Berikut adalah hasil perhitungan menggunakan aplikasi Weka untuk wilayah Sumatera:

Naive Bayes Classifier			
Attribute	Class		
	tidak ada kerusakan {0.42}	potensi kerusakan {0.3}	terjadi kerusakan {0.28}
Wilayah			
sumatera	24.0	17.0	16.0
[total]	24.0	17.0	16.0
Skala Gempa			
kecil	24.0	6.0	1.0
sedang	1.0	12.0	16.0
[total]	25.0	18.0	17.0
Kedalaman			
dalam	17.0	7.0	4.0
dangkal	8.0	11.0	13.0
[total]	25.0	18.0	17.0
Skala MMI			
skala I	12.0	1.0	1.0
skala III	6.0	7.0	1.0
skala II	8.0	1.0	1.0
skala IV	1.0	6.0	4.0
skala V	1.0	6.0	13.0
[total]	28.0	21.0	20.0

Gambar 4.1 Hasil Perhitungan Wilayah Sumatera

Pada gambar 4.1 dapat diketahui bahwa untuk efek tidak ada kerusakan pada wilayah Sumatera adalah 42%, efek potensi kerusakan adalah 30%, dan efek terjadi kerusakan adalah 28%.

Kemudian untuk wilayah Sulawesi terdapat 32 data *training* yang diklasifikasi. Berikut ini adalah hasil perhitungan menggunakan aplikasi Weka untuk wilayah Sulawesi:

Naive Bayes Classifier			
Attribute	Class		
	potensi kerusakan (0.46)	tidak ada kerusakan (0.37)	terjadi kerusakan (0.17)
Wilayah			
sulawesi	19.0	15.0	7.0
[total]	19.0	15.0	7.0
Skala Gempa			
kecil	9.0	15.0	1.0
sedang	11.0	1.0	7.0
[total]	20.0	16.0	8.0
Kedalaman			
dangkal	15.0	4.0	6.0
dalam	5.0	12.0	2.0
[total]	20.0	16.0	8.0
Skala MMI			
skala III	2.0	2.0	1.0
skala II	4.0	5.0	1.0
skala I	2.0	10.0	1.0
skala IV	4.0	1.0	1.0
skala V	11.0	1.0	7.0
[total]	23.0	19.0	11.0

Gambar 4.2 Hasil Perhitungan Wilayah Sulawesi

Pada gambar 4.2 dapat diketahui bahwa untuk efek potensi kerusakan pada wilayah Sulawesi adalah 46%, efek tidak ada kerusakan adalah 37%, dan efek terjadi kerusakan adalah 17%.

Lalu untuk wilayah Maluku terdapat 20 data *training* yang diklasifikasi. Berikut ini adalah hasil perhitungan menggunakan aplikasi Weka untuk wilayah Maluku:

Naive Bayes Classifier			
Attribute	Class		
	terjadi kerusakan (0.34)	potensi kerusakan (0.34)	tidak ada kerusakan (0.31)
Wilayah			
maluku	10.0	10.0	9.0
[total]	10.0	10.0	9.0
Skala Gempa			
sedang	10.0	6.0	1.0
kecil	1.0	5.0	9.0
[total]	11.0	11.0	10.0
Kedalaman			
dangkal	5.0	5.0	5.0
dalam	6.0	6.0	5.0
[total]	11.0	11.0	10.0
Skala MMI			
skala V	5.0	2.0	1.0
skala III	5.0	5.0	1.0
skala IV	2.0	4.0	1.0
skala II	1.0	2.0	2.0
skala I	1.0	1.0	8.0
[total]	14.0	14.0	13.0

Gambar 4.3 Hasil Perhitungan Wilayah Maluku

Pada gambar 4.3 dapat diketahui bahwa untuk efek terjadi kerusakan pada wilayah Maluku adalah 34%, efek potensi kerusakan adalah 34%, dan efek tidak ada kerusakan adalah 31%.

Setelah itu pada wilayah Jawa terdapat 4 data *training* yang diklasifikasi. Berikut ini adalah hasil perhitungan menggunakan aplikasi Weka untuk wilayah Jawa:

Naive Bayes Classifier			
Attribute	Class		
	terjadi kerusakan (0.3)	potensi kerusakan (0.5)	tidak ada kerusakan (0.2)
Wilayah			
jawa	3.0	4.0	1.0
Jawa	1.0	2.0	2.0
[total]	4.0	6.0	3.0
Skala gempa			
sedang	3.0	4.0	1.0
kecil	1.0	2.0	2.0
[total]	4.0	6.0	3.0
Kedalaman			
dalam	2.0	1.0	2.0
dangkal	2.0	5.0	1.0
[total]	4.0	6.0	3.0
Skala MMI			
skala V	3.0	2.0	1.0
skala IV	1.0	3.0	1.0
skala II	1.0	1.0	2.0
skala III	1.0	2.0	1.0
[total]	6.0	8.0	5.0

Gambar 4.4 Hasil Perhitungan Wilayah Jawa

Pada gambar 4.4 dapat diketahui bahwa untuk efek terjadi kerusakan pada wilayah Jawa adalah 30%, efek potensi kerusakan adalah 50%, dan efek tidak ada kerusakan adalah 20%.

Untuk wilayah Nusa Tenggara terdapat 10 data *training* yang diklasifikasi. Berikut ini adalah hasil perhitungan menggunakan aplikasi Weka untuk wilayah Nusa Tenggara:

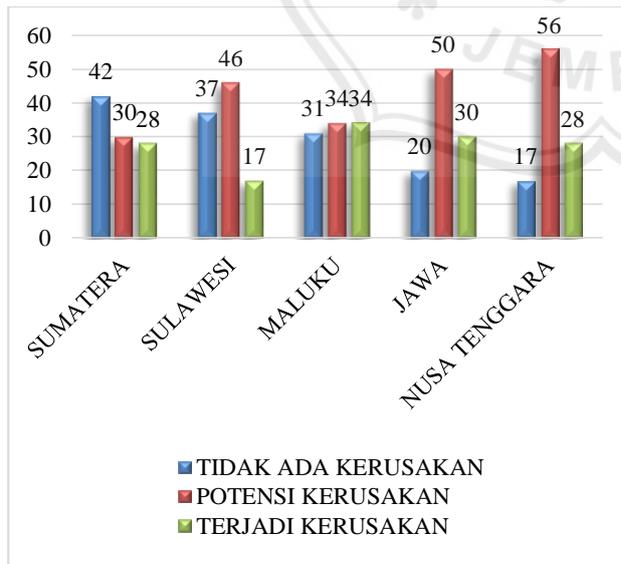
Naive Bayes Classifier

Attribute	Class		
	terjadi kerusakan (0.28)	tidak ada kerusakan (0.17)	potensi kerusakan (0.56)
Wilayah			
nusa tenggara	5.0	1.0	6.0
Nusa Tenggara	1.0	3.0	5.0
[total]	6.0	4.0	11.0
Skala Gempa			
sedang	5.0	1.0	6.0
kecil	1.0	3.0	5.0
[total]	6.0	4.0	11.0
Kedalaman			
dangkal	3.0	2.0	5.0
dalam	3.0	2.0	6.0
[total]	6.0	4.0	11.0
Skala MMI			
skala V	5.0	1.0	6.0
skala I	1.0	3.0	1.0
skala II	1.0	1.0	3.0
skala III	1.0	1.0	3.0
[total]	8.0	6.0	13.0

Gambar 4.5 Hasil Perhitungan Wilayah Nusa Tenggara

Pada gambar 4.5 dapat diketahui bahwa untuk efek terjadi kerusakan pada wilayah Nusa Tenggara adalah 28%, efek tidak ada kerusakan adalah 17%, dan efek potensi kerusakan adalah 56%.

Dari hasil perhitungan lima wilayah di atas, dapat dibuat grafik perbandingan sebagai berikut:



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Efek Gempa pada Wilayah Penelitian dalam %

4.2 Analisis Tingkat Presisi, Recall, dan Akurasi

Berikut ini adalah perhitungan analisis presisi, *recall*, dan akurasi untuk wilayah Sumatera:

```

Summary
Correctly Classified Instances 41 75.9259 %
Incorrectly Classified Instances 13 24.0741 %
Kappa statistic 0.6252
Mean absolute error 0.1876
Root mean squared error 0.3055
Relative absolute error 42.9998 %
Root relative squared error 65.457 %
Total Number of Instances 54

Detailed Accuracy By Class
TP Rate FP Rate Precision Recall F-Measure MCC ROC Area PRC Area Class
1.000 0.161 0.821 1.000 0.902 0.830 0.596 0.992 tidak ada kerusakan
0.375 0.079 0.667 0.375 0.480 0.363 0.877 0.656 potensi kerusakan
0.800 0.128 0.706 0.800 0.750 0.648 0.910 0.685 terjadi kerusakan
Weighted Avg. 0.759 0.128 0.743 0.759 0.735 0.641 0.937 0.807

Confusion Matrix
a b c <-- classified as
23 0 0 | a = tidak ada kerusakan
5 6 5 | b = potensi kerusakan
0 3 12 | c = terjadi kerusakan
    
```

Gambar 4.7 Hasil Analisis Wilayah Sumatera Pada wilayah Sumatera nilai rata-rata akurasinya adalah 75.9259%, dan nilai rata-rata presisinya adalah 74.3%, sedangkan nilai rata-rata *recall*-nya adalah 75.9%.

Kemudian perhitungan analisis presisi, *recall*, dan akurasi untuk wilayah Sulawesi adalah sebagai berikut:

```

Summary
Correctly Classified Instances 30 76.9474 %
Incorrectly Classified Instances 8 21.0526 %
Kappa statistic 0.6311
Mean absolute error 0.228
Root mean squared error 0.3205
Relative absolute error 55.2816 %
Root relative squared error 70.7695 %
Total Number of Instances 38

Detailed Accuracy By Class
TP Rate FP Rate Precision Recall F-Measure MCC ROC Area PRC Area Class
0.889 0.300 0.727 0.889 0.800 0.596 0.818 0.739 potensi kerusakan
1.000 0.063 0.875 1.000 0.933 0.896 0.996 0.996 tidak ada kerusakan
0.000 0.000 ? 0.000 ? ? 0.865 0.410 terjadi kerusakan
Weighted Avg. 0.789 0.173 ? 0.789 ? ? 0.891 0.778

Confusion Matrix
a b c <-- classified as
16 2 0 | a = potensi kerusakan
0 14 0 | b = tidak ada kerusakan
6 0 0 | c = terjadi kerusakan
    
```

Gambar 4.8 Hasil Analisis Wilayah Sulawesi
 Pada wilayah Sulawesi nilai rata-rata akurasinya adalah 78.9474%, dan nilai rata-rata presisinya adalah 0% karena kelas terjadi kerusakan tidak dapat diketahui karena pada tabel *Confussion Matrix* untuk kolom terjadi kerusakan tidak terdapat data, sehingga tidak dapat diambil rata-rata, sedangkan nilai rata-rata *recall*-nya adalah 78.9%.

Lalu perhitungan analisis presisi, *recall*, dan akurasi untuk wilayah Maluku adalah sebagai berikut:

```

    == Summary ==
    Correctly Classified Instances      22      84.6154 %
    Incorrectly Classified Instances    4       15.3846 %
    Kappa statistic                    0.7694
    Mean absolute error                0.2158
    Root mean squared error            0.3023
    Relative absolute error            48.6133 %
    Root relative squared error        64.1803 %
    Total Number of Instances          26

    == Detailed Accuracy By Class ==
    TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
    0.889    0.118    0.800     0.889   0.842     0.754   0.925    0.783    terjadi kerusakan
    0.667    0.059    0.857     0.667   0.750     0.652   0.886    0.805    potensi kerusakan
    1.000    0.056    0.889     1.000   0.941     0.916   1.000    1.000    tidak ada kerusakn
    Weighted Avg.  0.846    0.078    0.847     0.846   0.841     0.769   0.934    0.857

    == Confusion Matrix ==
    a b c  <-- classified as
    8 1 0 | a = terjadi kerusakan
    2 6 1 | b = potensi kerusakan
    0 0 8 | c = tidak ada kerusakan
    
```

Gambar 4.9 Hasil Analisis Wilayah Maluku
 Pada wilayah Maluku nilai rata-rata akurasinya adalah 84.6154%, dan nilai rata-rata presisinya adalah 84.7%, sedangkan nilai rata-rata *recall*-nya adalah 84.6%.

Setelah itu perhitungan analisis presisi, *recall*, dan akurasi untuk wilayah Jawa adalah sebagai berikut:

```

    == Summary ==
    Correctly Classified Instances      6       85.7143 %
    Incorrectly Classified Instances    1       14.2857 %
    Kappa statistic                    0.7308
    Mean absolute error                0.2003
    Root mean squared error            0.2656
    Relative absolute error            50.0634 %
    Root relative squared error        60.4017 %
    Total Number of Instances          7

    == Detailed Accuracy By Class ==
    TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
    0.500    0.000    1.000     0.500   0.667   0.645   0.950    0.833    terjadi kerusakan
    1.000    0.333    0.800     1.000   0.889   0.730   0.958    0.950    potensi kerusakan
    1.000    0.000    1.000     1.000   1.000   1.000   1.000    1.000    tidak ada kerusakan
    Weighted Avg.  0.857    0.190    0.886     0.857   0.841   0.745   0.962    0.924

    == Confusion Matrix ==
    a b c  <-- classified as
    1 1 0 | a = terjadi kerusakan
    0 4 0 | b = potensi kerusakan
    0 0 1 | c = tidak ada kerusakan
    
```

Gambar 4.10 Hasil Analisis Wilayah Jawa
 Pada wilayah Jawa nilai rata-rata akurasinya adalah 85.7143%, dan nilai rata-rata presisinya adalah 88.6%, sedangkan nilai rata-rata *recall*-nya adalah 85.7%.

Yang terakhir perhitungan analisis presisi, *recall*, dan akurasi untuk wilayah Nusa Tenggara adalah sebagai berikut:

```

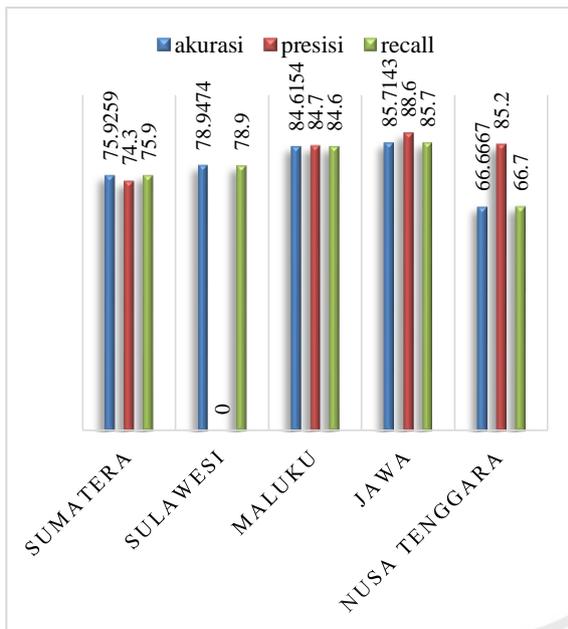
    == Summary ==
    Correctly Classified Instances      10      66.6667 %
    Incorrectly Classified Instances    5      33.3333 %
    Kappa statistic                    0.4966
    Mean absolute error                0.2898
    Root mean squared error            0.3697
    Relative absolute error            76.2153 %
    Root relative squared error        85.5975 %
    Total Number of Instances          15

    == Detailed Accuracy By Class ==
    TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
    1.000    0.455    0.444    1.000   0.615   0.492   0.795    0.472    terjadi kerusakan
    1.000    0.000    1.000     1.000   1.000   1.000   1.000    1.000    tidak ada kerusakan
    0.444    0.000    1.000     0.444   0.615   0.492   0.833    0.858    potensi kerusakan
    Weighted Avg.  0.667    0.121    0.852     0.667   0.667   0.560   0.845    0.774

    == Confusion Matrix ==
    a b c  <-- classified as
    4 0 0 | a = terjadi kerusakan
    0 2 0 | b = tidak ada kerusakan
    5 0 4 | c = potensi kerusakan
    
```

Gambar 4.11 Hasil Analisis Wilayah Nusa Tenggara
 Pada wilayah Nusa Tenggara nilai rata-rata akurasinya adalah 66.6667%, dan nilai rata-rata presisinya adalah 85.2%, sedangkan nilai rata-rata *recall*-nya adalah 66.7%.

Berikut ini adalah perbandingan data akurasi, *recall*, dan presisi dari kelima wilayah yang di teliti:



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Analisis Akurasi, *Recall*, dan Presisi

Berdasarkan hasil analisis di atas dapat diambil rata-rata nilai akurasi dari kelima wilayah yang diteliti yaitu sebesar 78.37394% sehingga hasil klasifikasi yang dilakukan memiliki kategori sangat baik atau sangat akurat. Untuk rata-rata nilai presisi dari kelima wilayah yang diteliti yaitu sebesar 66.56% sehingga hasil klasifikasi yang dilakukan memiliki kategori baik atau relevan. Dan yang terakhir untuk rata-rata nilai *recall* dari kelima wilayah yang diteliti yaitu sebesar 78.35334% dan termasuk ke dalam kategori sangat efektif dalam menemukan data. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wang pada tahun 2015.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka yang dapat disimpulkan adalah:

- Hasil analisis kemungkinan besar magnitudo gempa di Indonesia menggunakan metode klasifikasi Bayesian dapat memprediksi dampak gempa yang akan terjadi. Dari lima daerah yang tersedia dalam data *record*, untuk wilayah Sumatera efek yang mungkin akan terjadi adalah tidak ada kerusakan, wilayah Sulawesi efek yang mungkin akan terjadi adalah potensi kerusakan, wilayah Maluku efek yang mungkin akan terjadi adalah potensi kerusakan dan terjadi kerusakan, wilayah Jawa efek yang mungkin akan terjadi adalah potensi kerusakan, wilayah Nusa Tenggara efek yang mungkin akan terjadi adalah potensi kerusakan.
- Analisis potensi kerusakan akibat gempa di Indonesia menggunakan metode klasifikasi Bayesian memiliki rata-rata nilai akurasi gempa tiap wilayah adalah 78.37394% sehingga hasil klasifikasi yang dilakukan memiliki kategori sangat baik atau sangat akurat. Untuk rata-rata nilai presisi gempa tiap wilayah adalah 66.56% sehingga hasil klasifikasi yang dilakukan memiliki kategori baik atau relevan. Sedangkan untuk rata-rata nilai *recall* dari kelima wilayah yang diteliti yaitu sebesar 78.35334% dan termasuk ke

dalam kategori sangat efektif dalam menemukan data.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka saran yang dapat diajukan adalah:

- a. Data *record* yang diambil harus terdistribusi normal, sehingga hasil akurasi akan menjadi sangat baik.
- b. Sebaiknya menambah atribut data yang lebih banyak, agar penelitiannya lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, Hugh J., dan Daniield C, Feldman. 1986. *Individual in Organizations: Series in Management*. New York: McGraw Hill.
- Esdm.go.id. Hazard Potency [internet]. Potensi bencana di Indonesia, 1 Januari 2020 [diakses 6 Agustus 2020], www.esdm.go.id.
- Jananto. 2013. Algoritma Naive Bayes untuk Mencari Perkiraan Waktu Studi Mahasiswa. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*. 18 (1). 09-16.
- Liu, Bing. 2012. *Web Data Mining: Exploring Hyperlinks, Contents, and Usage Data*. New York: Springer Science and Bussiness Media.
- Muslim, dkk. 2019. *Data Mining Algoritma C4.5 Disertai Contoh Kasus dan Penerapannya dengan Program Komputer*. Semarang: Doni Aprilianto Media.
- Myatt, Glenn J. 2007. *Making Sense of Data: A Practica Guide to Exploratory Data Analysis and Data Mining*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Papaioannao, W., Pandis, N., Kontou, E., Nakou, M., Eliades, T. 2016. Salivary Streptococcus Mutans Level in Patients with Conventional and Self-ligating Brackets. *The European Journal of Orthodontics Advance Access*. 31(1). 94-97.
- Pujianto, 2007. *Bahan Kuliah Perencanaan Struktur Tahan Gempa*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Sabtaji, A. 2020. Statistik Kejadian Gempa Bumi Tektonik Tiap Provinsi di Wilayah Indonesia Selama 11 Tahun Pengamatan (2009-2019). *Buletin*

Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. 1 (7). 31-46.

Tjetjep, Wimpy S.. 1996. *Dari Gunung Api hingga Otonomi Daerah*. Jakarta: Yayasan Media Bhakti Tambang.

Utomo, D.P., Purba, B. 2019. Penerapan Data Mining pada Data Gempa Bumi Terhadap Potensi Tsunami di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SEMINARIS)*. ISSN: 2686-0260. 846-853.

Wang, J. P., Huang, D., Chang, S. C., dan Wu, Y.M. 2015. Estimating the Standard deviation of soil properties with limited samples through the Bayesian approach. *Bull. Eng. Geol. Environ.* 74(1). 271–278.

