

PENERAPAN ALGORITMA C4.5 UNTUK MEMPREDIKSI BENCANA GUNUNG MELETUS DI INDONESIA

Ratih Nurdyani Sari^a, Novrina^b, Syarifah Azharina S^c

^aFakultas Teknologi Industri, ratihns@staff.gunadarma.ac.id, Universitas Gunadarma

^bFakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, novrina@staff.gunadarma.ac.id, Universitas Gunadarma

^cFakultas Teknologi Industri, s_azharina@staff.gunadarma.ac.id, Universitas Gunadarma

ABSTRACT

This research aims to predict one of the natural disasters in Indonesia, namely Mount Eruption. This natural disaster occurs quite often in Indonesia and results in losses for residents around active volcanoes. Based on this, the research team wants to create a decision tree that can help predict the situation before a volcano erupts, which can later be applied so that residents around active volcanoes and ordinary people can know the signs before a volcanic eruption occurs. This research will use the application of data mining with the c4.5 algorithm method as a tool in creating decision trees.

Keywords: Volcano eruption, c4.5 algorithm, data mining, natural disasters

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi salah satu bencana alam di Indonesia yaitu Gunung Meletus. Bencana alam ini cukup sering terjadi di Indonesia dan mengakibatkan kerugian bagi penduduk disekitar gunung aktif. Berangkat dari hal tersebut, tim peneliti ingin membuat sebuah pohon keputusan yang dapat membantu memprediksi keadaan sebelum gunung meletus yang nantinya bisa diterapkan agar penduduk disekitar gunung aktif maupun orang awam dapat mengetahui tanda-tanda sebelum terjadinya bencana gunung meletus. Penelitian ini akan menggunakan penerapan data mining dengan metode algoritma c4.5 sebagai alat bantu dalam membuat pohon Keputusan.

Kata kunci : Gunung meletus, algoritma c4.5, data mining, bencana alam

1. PENDAHULUAN

Bencana alam diartikan sebagai bencana yang terjadi akibat terganggunya keseimbangan yang ada pada komponen alam tanpa melalui campur tangan manusia (Hermon, 2015). Salah satu bencana alam yang terjadi di Indonesia adalah Gunung Meletus. Indonesia memiliki banyak gunung berapi aktif, seperti Gunung Merapi di Jawa Tengah dan Gunung Sinabung di Sumatera Utara. Letusan gunung berapi dapat menyebabkan kerusakan besar terhadap lingkungan sekitarnya. Fenomena yang terjadi akibat adanya letusan gunung berapi yaitu gas vulkanik yang dapat mempengaruhi keberlanjutan suatu makhluk hidup yang ada disekitar area cakupan gunung meletus sehingga akan muncul dampak kerugian dari bencana tersebut. Berangkat dari hal tersebut perlu adanya upaya penanggulangan bencana yang harus didukung oleh suatu sistem informasi yang memadai. Pengetahuan masyarakat tentang adanya peringatan mengenai bencana alam menentukan kesiapsiagaan masyarakat terhadap dampak yang akan ditimbulkan oleh bencana alam di masa mendatang. Rata-rata persentase rumah tangga yang mengetahui tentang adanya tanda-tanda atau peringatan tanggap darurat bencana alam dilingkungan tempat tinggalnya di seluruh Provinsi adalah: 11,35% di perkotaan dan 8,08% di pedesaan (Pudjiastuti, 2019). Pudjiastuti menjelaskan mengenai rendahnya tingkat pengetahuan masyarakat terutama yang berkaitan dengan keselamatan jiwa memperbesar tingkat risiko menjadi korban dalam menghadapi dampak bencana alam yang akan terjadi (Pudjiastuti, 2019). Penanggulangan bencana ini berupa prediksi yang akan membantu dalam melihat kemungkinan yang akan terjadi sehingga dampak kerugian bisa dibuat seminimalisir mungkin mengingat bencana alam gunung meletus merupakan bencana yang tidak dapat dihindari ataupun dihentikan. Penelitian ini akan berfokus pada penerapan algoritma c4.5 yang digunakan untuk memprediksi tanda-tanda gunung meletus di Indonesia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penulisan ini, digunakan berbagai referensi terkait penelitian yang terdiri dari buku, jurnal nasional dan internasional berisikan penjelasan teori-teori yang menjadi sumber dasar penelitian yaitu *data mining*, algoritma klasifikasi terkait dengan penelitian yang dilakukan serta referensi mengenai bencana alam dan gunung meletus.

2.1. Bencana Alam

Bencana menurut UU Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana menyebutkan definisi bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Dalam UU No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana ini menyebutkan bencana alam di Indonesia meliputi gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor.

1. Gempa bumi: Indonesia terletak di Cincin Api Pasifik, sehingga sering mengalami gempa bumi.
2. Tsunami: Gempa bumi laut yang kuat bisa menyebabkan tsunami, gelombang besar yang dapat merusak pantai dan daerah pesisir.
3. Letusan gunung berapi: Indonesia memiliki banyak gunung berapi aktif, seperti Gunung Merapi di Jawa Tengah dan Gunung Sinabung di Sumatera Utara. Letusan gunung berapi dapat menyebabkan kerusakan besar terhadap lingkungan sekitarnya.
4. Banjir: Musim hujan yang berlimpah sering menyebabkan banjir di berbagai daerah di Indonesia. Banjir bisa terjadi karena meluapnya sungai, pembangunan yang tidak teratur, atau karena curah hujan yang tinggi.
5. Longsor: Daerah pegunungan di Indonesia sering mengalami longsor, terutama saat musim hujan. Aktivitas manusia seperti deforestasi juga dapat meningkatkan risiko longsor.
6. Angin puting beliung: Angin kencang dan tornado kecil, dikenal sebagai angin puting beliung, dapat terjadi terutama selama musim hujan di daerah-daerah tertentu di Indonesia.

Pemerintah Indonesia terus berupaya meningkatkan kesiapsiagaan dan mitigasi bencana, termasuk pendidikan masyarakat tentang cara menghadapi bencana dan pembangunan infrastruktur yang tahan bencana. Namun, faktor-faktor seperti pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang cepat, serta perubahan iklim global, dapat meningkatkan risiko bencana alam di masa depan.

2.2. Gunung Meletus

Gunung berapi atau gunung api secara umum adalah istilah yang dapat didefinisikan sebagai suatu sistem saluran fluida panas (bantuan dalam wujud cair atau lava) yang memanjang dari kedalaman sekitar 10 km dibawah permukaan bumi sampai ke permukaan bumi, termasuk endapan hasil akumulasi material yang dikeluarkan pada saat meletus. Gunung berapi terdapat di seluruh dunia, tetapi lokasi gunung api yang paling dikenali adalah gunung berapi yang berada di sepanjang busur Cincin Api Pasifik (Pasific Ring of Fire). Busur Cincin Api Pasifik merupakan garis bergeseknya antara dua lempeng tektonik (Steafani, dkk, 2019) Busur vulkanik adalah rangkaian gunung berapi yang terbentuk pada lempeng subduksi dan memiliki posisi berbentuk busur jika dilihat dari atas. Gunung berapi lepas pantai membentuk pulau dan dapat membentuk busur kepulauan vulkanik. Menurut hasil penelitian (Vulcanological Survey of Indonesia, 2007). Busur vulkanik memiliki kaitan erat dengan gunung meletus dikarenakan banyak gunung berapi terbentuk di sepanjang busur vulkanik. Ini disebabkan oleh proses subduksi lempeng tektonik di mana satu lempeng tektonik menyubduksi di bawah lempeng tektonik lainnya di zona subduksi. Gunung berapi datang dalam berbagai bentuk sepanjang hidup mereka. Gunung berapi aktif bisa menjadi semi aktif, kemudian punah dan akhirnya tidak aktif atau mati. Namun, gunung berapi tersebut dapat menghilang dalam waktu sekitar 610 tahun sebelum menjadi aktif kembali. Oleh karena itu, sulit untuk menentukan keadaan sebenarnya dari sebuah gunung berapi, apakah sudah punah atau mati.

2.3. Pohon Keputusan (*Decision Tree*)

Pohon keputusan merupakan salah satu metode klasifikasi yang populer karena dapat dengan mudah diinterpretasi oleh manusia. Pohon keputusan adalah sebuah struktur yang dapat digunakan untuk membagi kumpulan data yang besar menjadi himpunan-himpunan *record* yang lebih kecil dengan menerapkan serangkaian aturan keputusan (Berry & Gordon, 2004). Menurut referensi dari Kusriani, dinamai menurut pohon keputusan karena aturan yang dibentuk mirip dengan bentuk pohon. Pohon terbentuk dari proses

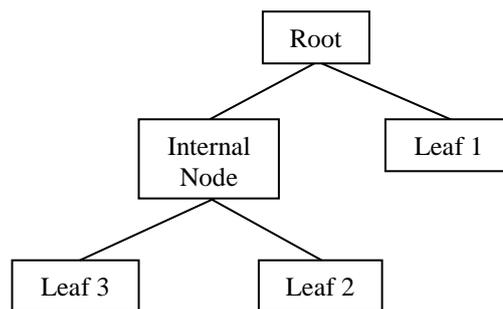
penyortiran rekursif biner dalam kelompok data, sehingga nilai variabel respon pada setiap kelompok data membuat hasil penyortiran lebih homogen. Konsep pohon keputusan adalah mengubah data menjadi pohon keputusan dan aturan keputusan. Manfaat utama menggunakan pohon keputusan adalah kemampuan untuk menyederhanakan proses pengambilan keputusan yang kompleks sehingga pengambil keputusan dapat menafsirkan solusi untuk masalah. Pohon keputusan memiliki konsep dengan mengubah data menjadi pohon keputusan dan aturan dari sebuah Keputusan. Berikut merupakan konsep dari pohon keputusan.



Gambar 1. Konsep Pohon Keputusan

Pohon keputusan merupakan kumpulan *if-then* dimana setiap *path* yang terdapat dalam pohon dihubungkan dengan aturan premis terdiri atas sekumpulan *node* yang ditemui dan kesimpulan dari aturan terdiri atas kelas yang dihubungkan dengan daun dari *path*. Untuk membentuk pohon keputusan dilakukan beberapa tahap seperti berikut.

1. Melakukan konstruksi pada pohon keputusan dengan diawali dengan pembentukan akar kemudian data akan dibagi berdasarkan atribut-atribut yang sesuai untuk dijadikan daun.
2. Langkah selanjutnya dengan memangkas pohon dengan mengidentifikasi membuang cabang yang tidak diperlukan pada pohon yang telah dibentuk. Hal ini dilakukan untuk menyederhanakan ukuran pohon yang berukuran besar dan bertujuan mengurangi tingkat kesalahan prediksi pada kasus baru dari pemecahan yang dilakukan dengan *divide and conquer*.
3. Membuat aturan keputusan yang dapat dibentuk dalam *if-then* yang diturunkan dari pohon keputusan dengan melakukan penelusuran dari akar sampai daun. Setelah semua aturan dibuat maka aturan dapat disederhanakan.



Gambar 2. Konsep Pohon Keputusan

2.4. Algoritma C4.5

Algoritma C4.5 adalah salah satu metode klasifikasi dari *data mining* yang memberi kontribusi satu set data berlabel dan menghasilkan pohon keputusan sebagai keluaran yang mempunyai input berupa training samples dan *sample training samples* 24 berupa data contoh yang akan digunakan untuk membangun sebuah pohon yang telah diuji kebenarannya. Sedangkan *samples* merupakan *field-field* data yang nantinya akan digunakan sebagai parameter dalam melakukan klasifikasi data [7].

Algoritma C4.5 menggunakan teknik decision tree sebagai pembangun model klasifikasi. Algoritma C4.5 ini akan mencari atribut yang paling informatif untuk memisahkan data ke dalam berbagai kelas. Untuk membuat pohon keputusan menggunakan algoritma C4.5 data yang telah disiapkan akan dihitung menggunakan konsep *entropy* dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Entropy(S) = \sum_{i=1}^n -p_i \log_2(p_i)$$

Rumus 1. Rumus Menghitung Entropy

Keterangan:

S : himpunan kasus

A : fitur

n : jumlah partisi S

p_i : proporsi dari S_i terhadap S

Tahap berikutnya dengan menghitung gain untuk mengukur efektifitas variabel dalam mengklasifikasikan data dengan menghitung selisih nilai entropy total dengan entropy variabel tersebut. Berikut rumus mencari gain sebagai berikut.

$$Gain(S, A) = entropy(S) - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S|} Entropy(S_i)$$

Rumus 2. Rumus Menghitung Gain

Keterangan:

S : himpunan kasus

A : atribut

n : jumlah partisi atribut A

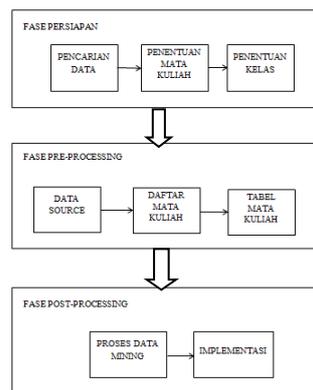
$|S_i|$: jumlah kasus pada partisi ke- i

$|S|$: jumlah kasus dalam S

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan meliputi beberapa tahapan diantaranya: 1. mencari *sample* terhadap data berdasarkan sumber-sumber yang mendukung, 2. Analisis menggunakan Algoritma C4.5, 3. perancangan terhadap *sample* data yang akan digunakan, berdasarkan hasil yang diperoleh pada tahap analisis sebelumnya, 4. implementasi terhadap *decision tree* (pohon keputusan), kemudian tahap terakhir yaitu melakukan pengujian dan evaluasi terhadap hasil yang diperoleh berdasarkan kasus yang sudah diteliti. Algoritma C4.5 merupakan salah satu algoritma induk dari sebuah pohon keputusan, yang disebut ID3 (Iterative Digital Calculator 3) dimana ID3 sendiri dikembangkan oleh J. Ross Quinlan. Algoritma C4.5 nantinya akan melakukan pencarian terhadap semua kemungkinan yang ada pada pohon keputusan. Algoritma ID3 membangun pohon keputusan secara top-down atau dari atas ke bawah (Setio, P.B.N., *et al.*, 2020). Tahapan dalam melakukan perhitungan dengan algoritma ini diantaranya, menyiapkan data dalam bentuk tabel dan menentukan akar dari pohon keputusan dengan cara menghitung *entropy* dan *gain* (Marlina, 2021).

Algoritma C4.5 dipilih karna metode ini memiliki beberapa kelebihan salah satunya yaitu dapat menghindari munculnya permasalahan yang akan terjadi dengan menggunakan kriteria yang jumlahnya lebih sedikit tanpa harus mengurangi keputusan yang akan dihasilkan (Putri, S.U., *et al.*, 2021) dan mengklasifikasikan sebagai pohon keputusan yang beraturan dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan metode lain yang sejenis (Utomo, 2020). Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini sendiri akan dibagi menjadi tiga fase yaitu Preparation Phase, Pre-Processing Phase dan Post-Processing Phase. Masing-masing fase mempunyai tugas yang berbeda, berikut merupakan gambaran dari alur penelitian yang akan dibahas dalam penelitian kali ini, gambaran alur tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 3. Alur Penelitian

Pada Gambar diatas menunjukkan alur proses, dimulai dengan Fase Persiapan dimana nantinya akan dilakukan persiapan data yang dibutuhkan, penentuan kualifikasi data bencana alam terutama gunung meletus dan penentuan variabel yang akan digunakan untuk membuat pohon keputusan. Kemudian selanjutnya adalah Fase Pre-Processing, pada fase ini sumber data yang sudah didapatkan sebelumnya akan diolah menjadi

daftar klasifikasi tanda-tanda bencana alam gunung meletus dan tabel yang digunakan untuk proses perhitungan. Terakhir adalah Fase Post-Processing, fase terakhir ini digunakan untuk memproses data yang sudah ada kemudian diolah sehingga membentuk pohon keputusan. Jika pohon keputusan sudah terbentuk, langkah terakhir adalah melihat implementasinya pada mata kuliah pilihan dan barulah kita dapat memprediksi apakah dari tanda-tanda yang ada bisa menjadi bencana alam gunung meletus atau tidak.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum untuk membangun pohon keputusan bisa dilihat beberapa langkah berikut sebagai berikut (Selvia Lorena Br Ginting, et al., 2014) yaitu :

1. Pilih atribut sebagai akar
2. Buat cabang untuk tiap-tiap nilai
3. Bagi kasus dalam cabang
4. Ulangi proses sampai semua kasus pada cabang memiliki kelas yang sama. Pemilihan atribut sebagai akar didasarkan pada nilai gain tertinggi dari atribut-atribut yang ada.

Data yang digunakan pada penelitian ini meliputi beberapa tanda-tanda terjadinya gunung meletus dan dikategorikan berdasarkan kondisi yang terjadi. Untuk kasus yang dilibatkan akan terdiri dari 10 data yang memiliki klasifikasi faktor yang berbeda diantaranya faktor Pandangan yang memiliki tida variabel yaitu Kering, lembab dan basah, lalu faktor Suhu yang memiliki tiga variabel Naik, Normal, dan Turun. Ada juga faktor Lingkungan yang terdiri dari Solfatar, Geothermal, Stabil dan Uap Air, faktor Fenomena yaitu Gempa Kecil, Adanya Geiser, Tidak ada Fenomena dan Pelepasan Material Vulkanik. Terakhir yaitu faktor penentu apakah adanya terjadi letusan gunung dengan dua variabel yaitu Ya dan Tidak sebagai akhir keputusan. Dimana faktor yang telah disebutkan sebelumnya dalam hal ini akan disebut sebagai atribut untuk mempermudah dalam penyusunan hasil nantinya.

Untuk lebih jelasnya mengenai klasifikasi faktor dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini, yang selanjutnya tabel tersebut akan menjadi data acuan untuk perhitungan algoritma c4.5 dalam memprediksi adanya benacan alam gunung meletus.

Tabel 1. Tanda-tanda Gunung Meletus

No	Pandangan	Suhu	Lingkungan	Fenomena	Letusan Gunung
1	Kering	Naik	Solfatar	Gempa Kecil	Ya
2	Kering	Naik	Geothermal	Adanya Geiser	Ya
3	Lembab	Normal	Stabil	Tidak Ada	Tidak
4	Basah	Turun	Stabil	Tidak Ada	Tidak
5	Lembab	Naik	Uap Air	Gempa kecil	Ya
6	Kering	Naik	Geothermal	Pelepasan Material Vulkanik	Ya
7	Basah	Normal	Stabil	Tidak Ada	Tidak
8	Basah	Turun	Uap Air	Gempa Kecil	Ya
9	Kering	Naik	Stabil	Adanya Geiser	Ya
10	Kering	Naik	Solfatar	Pelepasan Material Vulkanik	Ya
11	Lembab	Normal	Geothermal	Gempa Kecil	Ya
12	Basah	Turun	Solfatar	Adanya Geiser	Ya
13	Kering	Normal	Stabil	Tidak Ada	Tidak
14	Kering	Turun	Stabil	Gempa Kecil	Tidak
15	Kering	Naik	Uap Air	Pelepasan Material Vulkanik	Ya

Setelah membuat data yang sesuai dengan tanda-tanda akan terjadinya gunung meletus, selanjutnya adalah melakukan perhitungan node yang akan mengindikasikan bahwa masing-masing sample akan memiliki kasus pada setiap kategorinya. Masing-masing atribut memiliki jumlah kasus yang berbeda. Kemudian yang harus dilakukan yaitu melakukan perhitungan awal untuk menentukan nilai *entropy* dan *gain* dalam mencari hasil akhir keputusan pada penelitian.

Tabel 2. Perhitungan Node Awal

Node			Jml Kasus	Tidak	Ya	Entropy	Gain
1	TOTAL		15	5	10	0,918295834	
	Pandangan						0,301955001
		Kering	8	2	6	0,811278124	
		Lembab	3	1	2	0,918295834	
		Basah	4	2	2	1	
	Suhu						0,701955001
		Naik	7	0	7	0	
		Normal	4	3	1	0,811278124	
		Turun	4	2	2	1	
	Lingkungan						0,918295834
		Solfatar	3	0	3	0	
		Geothermal	3	0	3	0	
		Stabil	6	5	1	0,650022422	
		Uap Air	3	0	3	0	
	Fenomena						0,677653136
		Gempa Kecil	5	1	4	0,721928095	
		Geiser	3	0	3	0	
		Material Vulkanik	3	0	3	0	
		Tidak Ada	4	4	0	0	

Setelah tabel perhitungan diisi dengan jumlah kasus sesuai dengan atributnya, maka akan tampak seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 diatas. Langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai entropi dari semua kasus berdasarkan kategori faktor-faktor yang menjadi tanda pada gunung meletus, serta melakukan perhitungan *gain* untuk setiap atribut. Baris pada total kolom entropi dihitung menggunakan persamaan rumus entropi seperti berikut

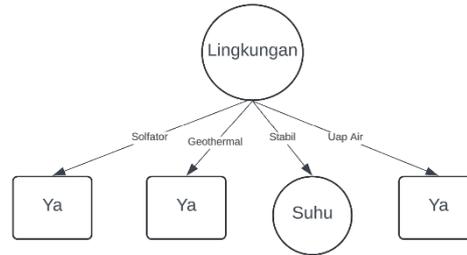
$$Entropy(Total) = \left(-\frac{5}{15} * \log_2\left(\frac{5}{15}\right)\right) + \left(-\frac{10}{15} * \log_2\left(\frac{10}{15}\right)\right)$$

$$Entropy(Total) = 0,918295834$$

Hasil dari perhitungan entropi dengan total jumlah kasus yaitu 0,918295834 yang nantinya akan menjadi akar untuk menghitung nilai gain. Untuk penelitian ini akan dibantu dengan Ms. Excel dalam perhitungannya sehingga memudahkan dalam perhitungan serta membantu dalam penyelesaian masalah yang berkaitan dengan rumus. Setelah menghitung nilai entropi, selanjutnya melakukan perhitungan nilai gain menggunakan persamaan rumus seperti dibawah ini.

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S|} * Entropy(S_i)$$

Nilai *Gain* akan dihitung pada setiap atribut yang diujikan dan disesuaikan dengan nilai entropi pada masing-masing atribut. Perhitungan yang sudah diselesaikan secara keseluruhan pada tabel kemudian akan dicari mana yang akan menjadi nilai *Gain* terbesar yang ada pada tabel, faktor yang memiliki nilai *gain* terbesar akan menjadi akar atau node awal. Setelah semua nilai entropi terisi, kemudian barulah nilai *gain* dapat dihitung dan ditentukan untuk mencari atribut mana yang memiliki nilai terbesar. Setelah semua *gain* pada tabel node dihitung, maka dapat ditentukan *gain* terbesar yang akan menjadi node akar kemudian membuat pohon keputusan pertama sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya. Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa setelah hasil perhitungan gain tertinggi ada di faktor lingkungan sebesar 0,918295834, sehingga Lingkungan akan menjadi node akar/awal pada pohon keputusan. Berikut merupakan pohon keputusan awal yang terbentuk dan bisa dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.



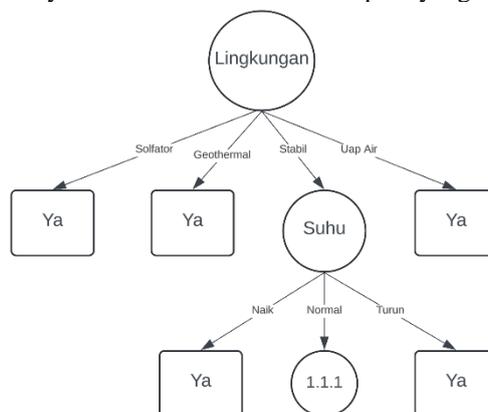
Gambar 4. Pohon Keputusan Node 1

Setelah mendapatkan node akar dan pohon keputusan untuk Node 1, selanjutnya adalah menghitung jumlah kasus untuk keputusan *Yes* dan jumlah kasus untuk keputusan *No* serta entropi tertinggi dari semua kasus yang dibagi berdasarkan atribut Pandangan, Suhu dan Fenomena yang dapat menjadi node akar dari nilai atribut Stabil. Setelah itu menghitung kembali nilai gain untuk mencari nilai tertinggi selanjutnya untuk membentuk pohon keputusan. Berikut tabel yang menunjukkan perhitungan selanjutnya yaitu pada node 1.1 dimana gain terbesar ada pada atribut Suhu dengan nilai 0,650022422 sehingga node 1.1 yang belum memiliki identitas bisa diganti dengan Atribut Suhu.

Tabel 3. Perhitungan Node 1.1

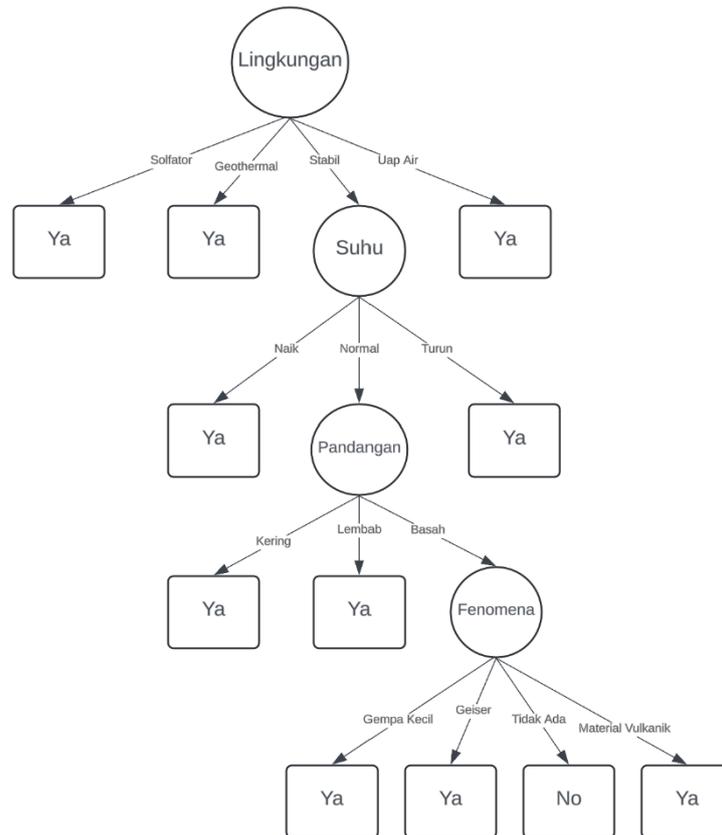
Node			Jml Kasus	Tidak	Ya	Entropy	Gain
1.1	Lingkungan - Stabil		6	5	1	0,650022422	
	Pandangan						0,190874505
		Kering	3	2	1	0,918295834	
		Lembab	1	1	0	0	
		Basah	2	2	0	0	
	Suhu						0,650022422
		Naik	1	0	1	0	
		Normal	3	3	0	0	
		Turun	2	1	1	1	
	Fenomena						0,316689088
		Gempa Kecil	2	1	1	1	
		Geiser	0	0	0	0	
		Material Vulkanik	0	0	0	0	
		Tidak Ada	4	4	0	0	

Hasil yang didapat dari perhitungan lanjutan akan nampak pohon keputusan seperti pada gambar 5 dibawah ini. Tingkat pada pohon keputusan ini memiliki node cabang yaitu faktor Suhu dengan keputusan apabila Suhnya Naik dan keputusannya Ya maka kesimpulannya merupakan tanda-tanda akan terjadinya bencana. Begitupun jika Suhnya turun akan menjadi tanda-tanda terjadinya bencana. Namun jika suhunya Normal harus dicari kembali nilainya dalam bentuk node 1.1.1 seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Pohon Keputusan Perhitungan Node 1.1

Selanjutnya jika masih ada node yang belum menemukan nilainya, maka harus dilakukan perhitungan kembali. Perhitungan dikerjakan sampai semua atribut tidak perlu diklasifikasikan lagi. Langkah yang dibuat sama dengan sebelumnya yaitu menentukan nilai entropi dan gain dengan rumus yang sudah diberikan sebelumnya. Untuk penelitian ini, perhitungan dilakukan sampai node ke 1.1.1.1. Node berikutnya yang ditunjukkan pada node 1.1.1 menghasilkan keputusan akhir yaitu Faktor Pandangan dan pada node 1.1.1.1 menghasilkan keputusan akhir yakni Faktor Fenomena. Ketika semua atribut sudah dihitung dan diklasifikasikan sehingga akan menghasilkan pohon keputusan akhir sebagai berikut yang tampak ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Pohon Keputusan Akhir

Setelah semua dipastikan memiliki nilai dan keputusan akhir maka yang selanjutnya dilakukan adalah mengambil keputusan dari pohon keputusan tersebut. Kesimpulan hasil yang didapat dari pohon keputusan akhir diatas dapat dilihat sebagai berikut:

1. Jika dilihat dari atribut pertama yang menjadi akar untuk menjadi tanda-tanda gunung meletus dapat dilihat dari faktor Lingkungan yaitu adanya Solfatar (gas sulfur atau belerang yang keluar dari dalam bumi), Geothermal (panas bumi) dan adanya Uap Air dengan keputusan akhir yaitu Ya.
2. Tanda-tanda gunung meletus juga bisa dilihat pada Suhu dimana jika Suhu Naik dan disertai dengan salah satu Lingkungan yang memiliki keputusan Ya maka kemungkinan akan terjadi gunung meletus. Begitupun jika Suhu turun. Namun berbeda jika ternyata suhu normal maka harus dicari lagi tanda lain yang memungkinkan terjadinya bencana tersebut
3. Kemudian selanjutnya pada atribut Pandangan dapat dilihat bahwa jika kondisi Kering, disertai Suhu dan Lingkungan dengan keputusan Ya, maka menghasilkan prediksi akan adanya gunung meletus. Tetapi jika pandangan dalam kondisi Basah (bisa saja terjadi karena hujan) kemungkinan yang terjadi yaitu tidak ada bencana gunung meletus akan terjadi.
4. Terakhir, pada pohon keputusan dalam atribut Fenomena dimana jika keputusan akhirnya menyatakan Ya, maka prediksi gunung meletus bisa terjadi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pembahasan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa tanda-tanda yang terjadi bisa saja terjadi disekitar kita. Gunung berapi yang meletus tentu nantinya akan membawa material yang berbahaya bagi organisme yang dilaluinya, termasuk kerugian yang akan dialami warga sekitar, karena itu kewaspadaan mutlak diperlukan. Maka dengan adanya prediksi dapat dilakukan pencegahan dan mengurangi dampak kerugian yang akan dihasilkan bagi masyarakat. Pihak maupun dinas terkait dapat mengetahui pola dan tanda-tanda yang mengakibatkan bencana gunung meletus yang sekiranya akan terjadi di Indonesia. Sehingga diharapkan dapat menjadi acuan dalam pembuatan aplikasi serupa agar dapat membantu dalam mencoba menerapkan tanda-tanda gunung meletus sehingga bisa mengurangi dampak resiko yang akan ditimbulkan nantinya. Penelitian ini masih jauh dari sempurna sehingga dapat dikembangkan kembali dengan menambah atribut yang berkaitan dengan fenomena serta tanda-tanda bencana alam lainnya yang belum ditambahkan dalam penelitian ini sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat ditambah dengan penerapan ataupun pembuatan aplikasi serta faktor lain yang belum disebutkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, R. W. (2016). Pemanfaatan Teknologi Informasi Dalam Penanggulangan Bencana Alam Di Indonesia Berbasisan Web. *Bina Insani ICT Jurnal*.
- Hermon, D. (2015). *Geografi Bencana Alam*. Depok: Rajagrafindo Persada.
- Azwanti, N., & Elisa, E., Analisa Kepuasan Konsumen Menggunakan Algoritma C4.5, *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Sosial Dan Teknologi (SNISTEK)*, (3), 126–131, 2021.
- Stevany, Demi, Andri Suprayogi, and Abdi Sukmono. "Pemetaan Jalur Evakuasi Bencana Letusan Gunung Raung Dengan Metode Network Analisis." *Jurnal Geodesi Undip* vol. 5. No. 4, Pages 91-100, 2016.
- Mukhtar, Muhammad Hisyam. Implementasi pathfinding dengan algoritma johnson pada npc untuk game mitigasi pasca bencana gunung meletus. Diss. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2022
- Setio, P.B.N., et al., Klasifikasi dengan Pohon Keputusan Berbasis Algoritme C4.5, *PRISMA : Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 2020.
- Adinda, Puja Restu. "Pohon Keputusan C4.5 Algoritma Untuk Klasifikasi Program Bantuan Belajar." *Jurnal Portal Data*, Vol. 2 No.9, 2022.
- Damanik, S. F., Wanto, A., & Gunawan, I. "Penerapan Algoritma Decision Tree C4.5 untuk Klasifikasi Tingkat Kesejahteraan Keluarga pada Desa Tiga Dolok". *Jurnal Krisnadana*, Vol. 1 No. 2, 2022, Pages 21-32.
- Marlina, D., Bakri, M., Penerapan Data Mining Untuk Memprediksi Transaksi Nasabah Dengan Algoritma C4.5, *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi (JTISI)*, Vol. 2, No. 1, Maret 2021.
- Putri, S.U., et al., Implementasi Data Mining Untuk Prediksi Penyakit Diabetes Dengan Algoritma C4.5, *Jurnal Penerapan Sistem Informasi (Komputer & Manajemen)*, Vol. 2, No. 1, Januari 2021.
- Utomo, D.P., Mesran, Analisis Komparasi Metode Klasifikasi Data Mining dan Reduksi Atribut Pada Data Set Penyakit Jantung, *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 4, April 2020.
- Selvia Lorena Br Ginting, et al., Analisis Dan Penerapan Algoritma C4.5 Dalam Data Mining Untuk Memprediksi Masa Studi Mahasiswa Berdasarkan Data Nilai Akademik, *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi*, November 2014.
- Kusrini, 2009, *Algoritma Data Mining*, Yogyakarta: Andi.
- Republik Indonesia. Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana
- Pudjiastuti, S. R. (2019). Mengantisipasi Dampak Bencana Alam. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 1-10.