



Pemanfaatan Algoritma *Decision Tree C4.5* dalam Memprakirakan Hujan di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin

The Utilization of the C4.5 Decision Tree Algorithm in Predicting Rainfall at Sultan Hasanuddin First Class Meteorological Station

Adi Prasetyo

Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin, Jalan Bandara Internasional Sultan Hasanuddin, Baji Manggai, Mandai, Maros, Sulawesi Selatan, 90552

*Email: adi.prasetyo@bmg.go.id

Naskah Masuk: 29 Februari 2024 | Naskah Diterima: 4 Juni 2024 | Naskah Terbit: 30 Juni 2024

Abstrak. Hujan dapat memberikan berbagai dampak dalam kehidupan manusia, salah satunya adalah dampak terhadap dunia penerbangan. Untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan oleh hujan dalam dunia penerbangan, diperlukan prakiraan hujan untuk melancarkan kegiatan operasional suatu bandara tak terkecuali di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin yang merupakan salah satu bandara tersibuk di Indonesia. Dalam memprakirakan hujan, umumnya data yang digunakan adalah data yang mempengaruhi pembentukan hujan seperti data yang berhubungan dengan jumlah uap air (*precipitable water*) serta angin (*relative vorticity* dan *divergence*). Meskipun data yang digunakan dalam memprakirakan hujan berkorelasi terhadap pembentukan hujan, terdapat potensi akurasi prakiraan yang buruk akibat data – data pendukung yang tidak kontinu terhadap kejadian hujan yang diprakirakan karena kondisi atmosfer yang sangat kompleks serta dapat berubah dengan cepat. Untuk meminimalisir prakiraan hujan dengan akurasi yang buruk diperlukan salah satu metode yang dapat mengolah data yang tidak kontinu terhadap kejadian hujan yang akan datang dengan baik, salah satunya adalah dengan menggunakan algoritma *Decision Tree C4.5*. *Decision Tree C4.5* adalah algoritma pembelajaran mesin yang melibatkan pemilihan fitur terbaik pada setiap langkah sehingga berpotensi menghasilkan prakiraan yang baik. Pada penelitian ini, hasil prakiraan selama setahun didominasi oleh tidak hujan sebanyak 2590 kejadian, sedangkan jumlah prakiraan hujan didapatkan sebanyak 330 kejadian. Akurasi prakiraan perbulan didapatkan berkisar antara 64,92% hingga 100% dimana jika jumlah prakiraan yang benar dan salah dari masing – masing bulan digabungkan, maka didapatkan akurasi prakiraan selama setahun sebesar 84% dimana akurasi tersebut dapat dikatakan sangat baik.

Kata Kunci: *Decision Tree C4.5*, Hujan, Jumlah Uap Air, Aliran Angin, Rotasi Angin

Abstract. Rain can have various impacts on human life, one of which is the impact on the world of aviation. To minimize the impact caused by rain in the world of aviation, rain forecasts are needed to facilitate operational activities at an airport, including Sultan Hasanuddin International Airport, which is one of the busiest airports in Indonesia. In forecasting rain, generally the data used is data that influences the formation of rain, such as data related to the amount of water vapor (*precipitable water*) and wind (*relative vorticity* and *divergence*). Even though the data used in forecasting rain is correlated with the formation of rain, there is the potential for poor forecast accuracy due to non – continuous supporting data for predicted rain events because atmospheric conditions are very complex and can change rapidly. To minimize rain forecasts with poor accuracy, a method is needed that can process non – continuous data

regarding future rain events well, one of which is using the Decision Tree C4.5 algorithm. Decision Tree C4.5 is a machine learning algorithm that involves selecting the best features at each step so that it has the potential to produce good forecasts. In this study, the forecast results for a year were dominated by 2590 no rain events, while the total number of rain forecasts was 330 events. Accuracy of monthly forecasts was found to range from 64.92% to 100%, where if the number of correct and incorrect forecasts for each month were combined, the forecast accuracy for a year was 84%, where this accuracy could be said to be very good.

Keywords: *Decision Tree C4.5, Rainfall, Precipitable Water, Divergence, Relative Vorticity*

Pendahuluan

Hujan adalah fenomena alam dimana awan menjatuhkan tetes – tetes air ke permukaan bumi dalam rentang waktu tertentu. Proses terjadinya hujan dimulai dengan penguapan air dari permukaan bumi, seperti lautan, sungai, dan danau, serta transpirasi dari tanaman ^[1]. Uap air yang dihasilkan dari proses penguapan naik ke atmosfer dan mendingin seiring dengan bertambahnya ketinggian sehingga menyebabkan kondensasi yang dapat membentuk awan dari tetes – tetes air ^[2]. Ketika tetes – tetes air di dalam awan mencapai ukuran yang cukup besar, gravitasi menyebabkannya jatuh ke bumi sehingga terjadilah hujan ^[3]. Hujan dapat memberikan berbagai dampak dalam kehidupan manusia, salah satunya adalah dampak terhadap dunia penerbangan. Hujan dapat mengurangi jarak pandang pada pilot sehingga mengakibatkan navigasi pesawat rentan terganggu ^[4]. Selain itu, air hujan yang terkumpul di landasan pacu dapat menyebabkan *aquaplaning* sehingga mengurangi daya cengkeram pesawat pada saat lepas landas atau mendarat ^[5].

Untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan oleh hujan dalam dunia penerbangan, diperlukan prakiraan hujan untuk melancarkan kegiatan operasional suatu bandara tak terkecuali di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin yang merupakan salah satu bandara tersibuk di Indonesia. Prakiraan hujan merupakan hasil analisa prakirawan yang berisi kemungkinan terjadinya hujan di suatu wilayah dalam jangka waktu tertentu yang disusun dengan menggunakan berbagai data meteorologi ^[6]. Data meteorologi yang umum digunakan dalam memprakirakan hujan adalah jumlah uap air di atmosfer serta angin. Uap air memainkan peran penting dalam pembentukan hujan karena semakin banyak uap air yang terkandung di dalam atmosfer maka semakin besar potensi terbentuknya awan besar penghasil hujan ^[2]. Angin juga memainkan peran penting dalam pembentukan hujan, karena angin menggerakkan berbagai awan kecil dari segala arah yang berpotensi menjadi awan besar dengan kandungan tetes – tetes air yang melimpah yang selanjutnya dengan efek gravitasi menyebabkan terbentuknya hujan ^[3].

Jumlah uap air dapat dideteksi dengan data *precipitable water* dimana semakin tinggi nilai *precipitable water* maka mengindikasikan banyaknya uap air yang terkandung di atmosfer begitu juga sebaliknya semakin rendah nilai *precipitable water* maka mengindikasikan kurangnya uap air yang terkandung di atmosfer ^[7]. *Precipitable water* adalah istilah yang digunakan dalam meteorologi untuk menggambarkan jumlah air dalam bentuk uap yang terkandung dalam kolom atmosfer di atas suatu lokasi tertentu ^[8]. Pengukuran *precipitable water* dapat dilakukan dengan menggunakan alat seperti radiosonde atau satelit dalam satuan milimeter atau inci. *Precipitable water* sangat relevan dalam memahami potensi hujan di suatu wilayah karena jumlahnya memberikan petunjuk tentang ketersediaan air di atmosfer yang dapat terlibat dalam proses presipitasi.

Angin memiliki beberapa pola pergerakan seperti pola siklonik (pola memutar kedalam), pola antisiklonik (pola memutar keluar), pola divergen (pola memisah), dan pola konvergen (pola menyatu), namun pola pergerakan yang umumnya berpotensi menyebabkan terjadinya hujan adalah pola siklonik dan pola konvergen ^[1]. Pola pergerakan angin dapat dideteksi dengan menggunakan data *divergence* dan *relative vorticity* ^[9]. Semakin rendah nilai *divergence* maka mengindikasikan terjadinya pola konvergen



begitu juga sebaliknya semakin tinggi nilai *divergence* maka mengindikasikan terjadinya pola divergen. Pada data *relative vorticity*, semakin rendah nilai yang didapatkan maka mengindikasikan terjadinya pola siklonik di wilayah lintang selatan atau pola antisiklonik di wilayah lintang utara begitu juga sebaliknya semakin tinggi nilai yang didapatkan maka mengindikasikan terjadinya pola antisiklonik di wilayah lintang selatan atau pola siklonik di wilayah lintang utara ^[10].

Prakiraan hujan ataupun prakiraan parameter meteorologi lainnya tetap berpotensi memiliki akurasi yang buruk karena data – data pendukung yang digunakan dalam membuat prakiraan umumnya tidak kontinu terhadap kejadian yang diprakirakan akibat kondisi atmosfer yang sangat kompleks serta dapat berubah dengan cepat ^[11]. Untuk meminimalisir prakiraan hujan dengan akurasi yang buruk diperlukan suatu metode yang dapat mengolah data yang tidak kontinu terhadap kejadian hujan yang akan datang dengan baik, salah satunya adalah dengan menggunakan algoritma *Decision Tree C4.5*. *Decision Tree C4.5* adalah algoritma pembelajaran mesin yang digunakan untuk membuat model pohon keputusan ^[12]. Algoritma ini dikembangkan oleh Ross Quinlan dan merupakan penyempurnaan dari algoritma sebelumnya yang dikenal sebagai ID3 (*Iterative Dichotomiser 3*). Langkah – langkah utama dalam algoritma *Decision Tree C4.5* melibatkan pemilihan fitur terbaik pada setiap langkah untuk memisahkan data ke dalam kelompok yang paling homogen. Pemisahan ini dilakukan berulang – ulang hingga menciptakan pohon keputusan yang dapat digunakan untuk mengambil keputusan dengan mengikuti serangkaian aturan ^[13], ^[14]. *Decision Tree C4.5* dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam prakiraan hujan karena kemampuannya untuk memahami dan memodelkan pola kompleks dalam data – data yang digunakan dalam memprakirakan hujan ^[15].

Penelitian sebelumnya yang menerapkan algoritma *Decision Tree C4.5* dalam pembuatan prakiraan yang berbasis data meteorologi ^[16], ^[17] menunjukkan akurasi diatas 80% sehingga dapat dikatakan bahwa algoritma *Decision Tree C4.5* sangat baik ^[18] dalam hal pembuatan prakiraan yang berbasis data meteorologi. Berdasarkan pemaparan yang telah disampaikan, penulis tertarik untuk mengkaji lebih dalam tentang pembuatan prakiraan hujan berbasis algoritma *Decision Tree C4.5* di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin dengan menggunakan data *precipitable water*, *relative vorticity*, dan *divergence*. Diharapkan melalui penelitian ini, dapat mempermudah prakirawan di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin dalam membuat prakiraan hujan dengan galat yang minim serta meminimalisir resiko dalam kegiatan operasional di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin.

Metode Penelitian

Lokasi yang diambil dalam penelitian ini adalah Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan yang terletak pada koordinat 05°03'71" LS dan 119°33'65" BT dengan ketinggian 11,76 m. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data *precipitable water*, *divergence*, *relative vorticity*, dan curah hujan dari tahun 2013 – 2023 dalam rentang waktu per 3 jam. Pemilihan rentang waktu per 3 jam pada data yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada penelitian sebelumnya ^[19] yang menyatakan bahwa semakin rapat data yang digunakan maka akurasi yang didapatkan dalam pemanfaatan kecerdasan buatan semakin tinggi. Data *precipitable water*, *divergence*, dan *relative vorticity* didapatkan dari <https://cds.climate.copernicus.eu/>, sedangkan data curah hujan didapatkan dari hasil observasi di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin. Setelah semua data telah terkumpul, langkah selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Melakukan transformasi data pada data *precipitable water*, *divergence*, *relative vorticity*, dan curah hujan untuk meminimalisir *overfitting* pada algoritma *Decision Tree C4.5*. Data *precipitable water*, *divergence*, *relative vorticity* ditransformasikan menjadi 3 bagian menjadi 1 (rendah), 2 (sedang), dan 3 (tinggi) yang batas – batas antar bagiannya ditentukan menggunakan persentil, sedangkan data curah hujan ditransformasikan menjadi 2 bagian menjadi 0 (tidak hujan) dan 1 (hujan).
2. Membagi data menjadi 2 bagian, yaitu data *training* dan data *testing*. Data *training* terdiri dari data *precipitable water*, *divergence*, *relative vorticity*, dan curah hujan pada tahun 2013 – 2022



sedangkan data *testing* terdiri dari data *precipitable water*, *divergence*, dan *relative vorticity* pada tahun 2023. Data *training* digunakan sebagai pembentuk algoritma *Decision Tree C4.5* sedangkan data *testing* digunakan sebagai inputan dalam menghasilkan prakiraan hujan dengan menggunakan algoritma *Decision Tree C4.5*. Pemilihan tahun yang digunakan dalam data *training* (2013 – 2022) dan data *testing* (2023) didasarkan pada penelitian sebelumnya ^[20] yang menyatakan bahwa untuk menghasilkan prakiraan yang baik, jumlah data *training* minimal 70% dari keseluruhan data (data *training* dan data *testing*).

3. Membentuk algoritma per bulan dengan dimulai dari menentukan *root node*. *Root node* dapat ditentukan dengan memilih *gain* tertinggi dari tiap – tiap data input (*precipitable water*, *divergence*, dan *relative vorticity*). *Gain* pada data input merupakan selisih antara *entropy* pada data output (curah hujan) terhadap *entropy* pada data input. Persamaan *entropy* dan *gain* dijabarkan sebagai berikut :

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

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S|} Entropy(S_i) \quad (2)$$

Keterangan:

S : himpunan kasus

S_i : partisi kasus ke – i

n : jumlah partisi S

p_i : proporsi dari S_i terhadap S

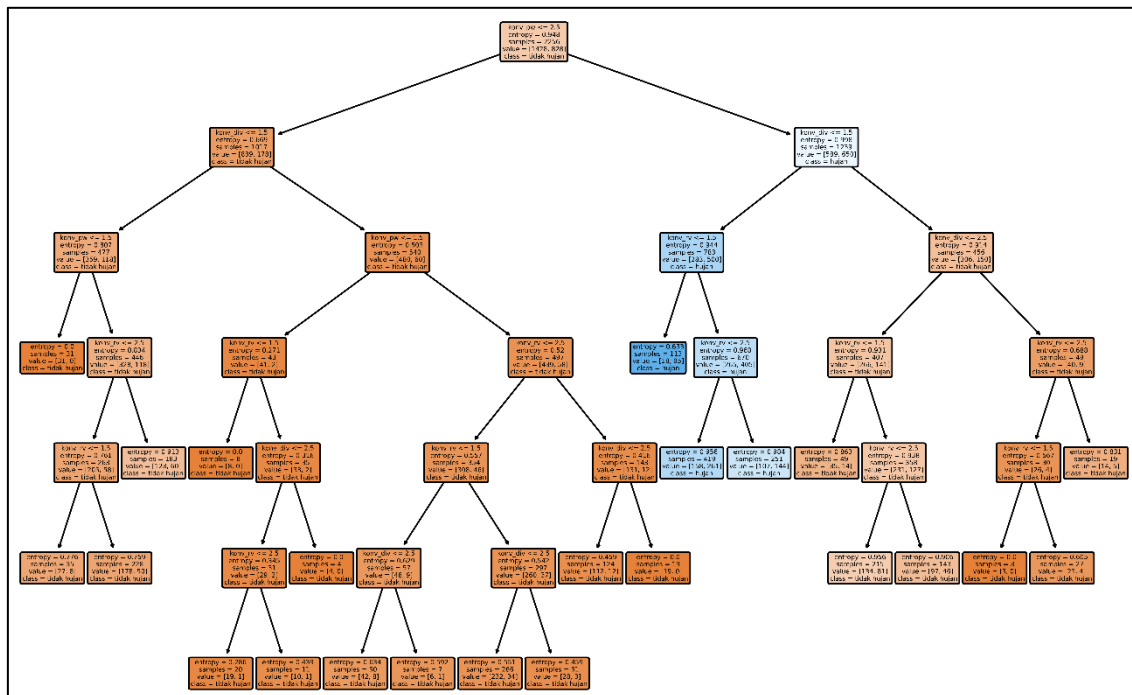
A : fitur.

4. Menentukan *node – node selanjutnya* hingga menghasilkan *leaf node* yang berisikan hasil prakiraan hujan atau tidak hujan dengan menggunakan persamaan *entropy* dan *gain*.
5. Menjalankan algoritma *Decision Tree C4.5* dengan memasukkan data *testing* untuk mendapatkan hasil prakiraan.
6. Memvalidasi hasil prakiraan terhadap hasil observasi dengan menggunakan akurasi.



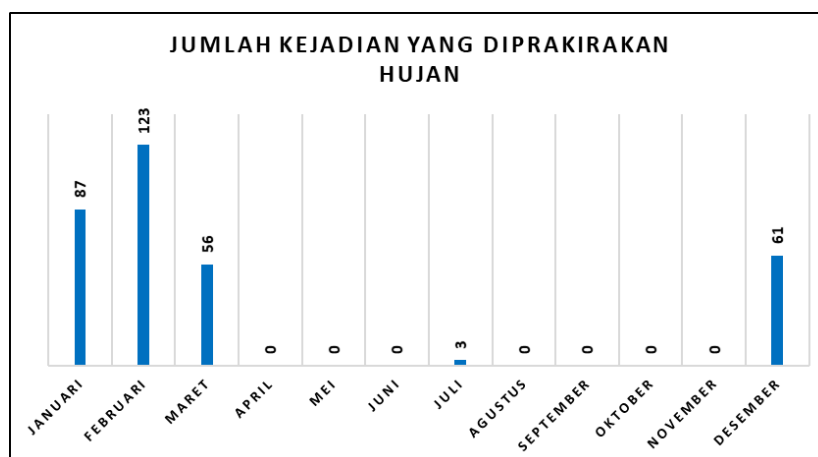
Gambar 1. Lokasi Penelitian

Hasil dan Pembahasan



Gambar 2. Algoritma *Decision Tree C4.5* Bulan Februari 2023

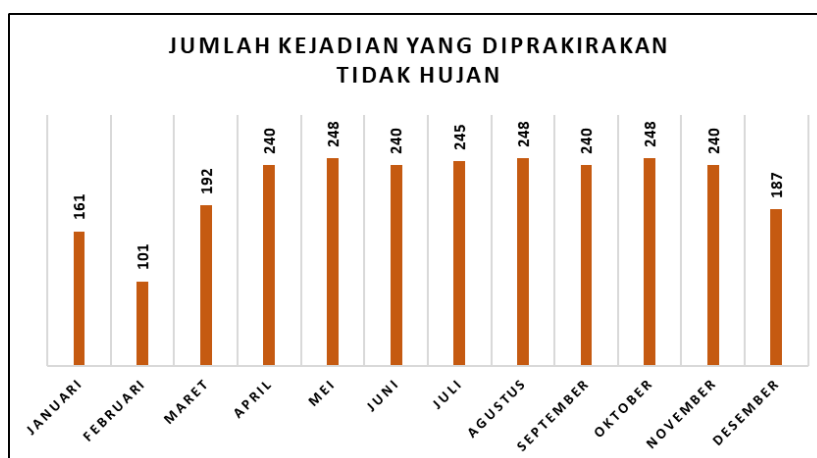
Gambar 2 merupakan salah satu algoritma *Decision Tree C4.5* pada tahun 2023 untuk memprakirakan hujan di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin khususnya pada bulan Februari. Pada bagian atas Gambar 2, terlihat adanya *root node* yang memulai algoritma *Decision Tree C4.5* dalam memprakirakan hujan pada bulan Februari 2023. *Root node* pada Gambar 2 memiliki beberapa cabang (*nodes* lainnya) hingga berakhir pada *leaf node* yang berisikan hasil prakiraan hujan atau tidak hujan di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin.



Gambar 3. Hasil Prakiraan Hujan Selama Tahun 2023

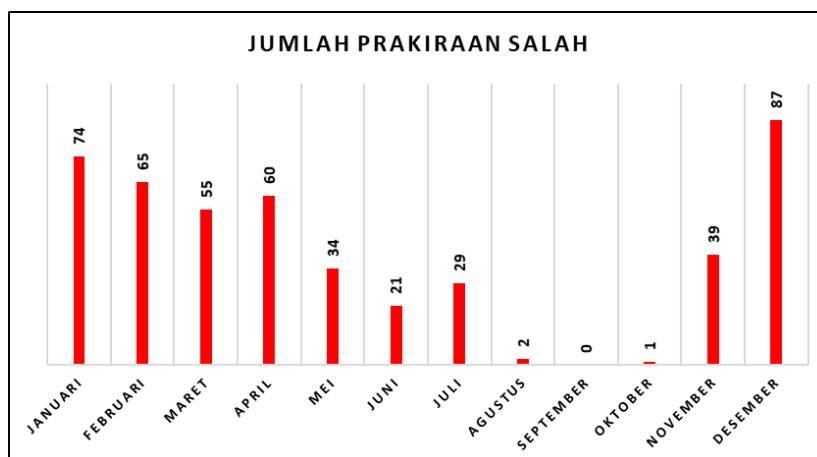
Pada Gambar 3, terlihat bahwa bulan Februari memiliki jumlah prakiraan hujan tertinggi selama tahun 2023 dengan 123 kejadian, sedangkan bulan April, Mei, Juni, Agustus, September, Oktober, dan November memiliki jumlah prakiraan hujan terendah selama tahun 2023 dengan 0 kejadian. Secara umum, bulan – bulan yang masuk dalam musim penghujan (Desember, Januari, dan Februari) di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin memiliki jumlah prakiraan hujan yang lebih tinggi dibandingkan

musim – musim lainnya sehingga dapat dikatakan hasil prakiraan hujan dengan menggunakan algoritma *Decision Tree C4.5* tidak terjadi anomali.



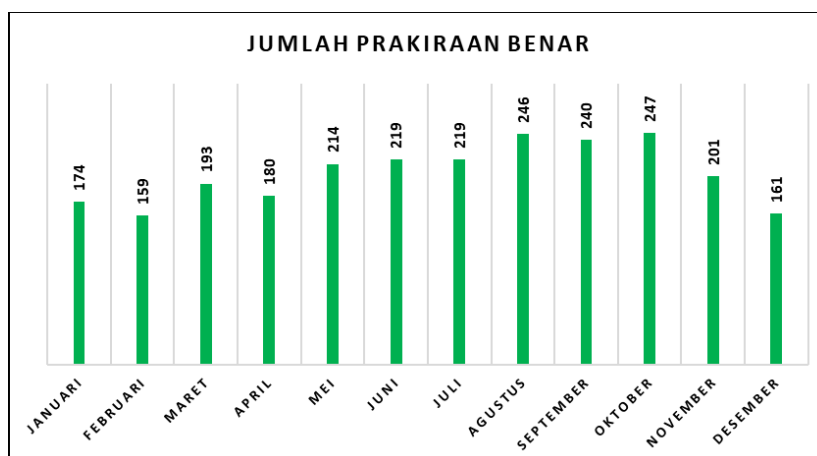
Gambar 4. Hasil Prakiraan Tidak Hujan Selama Tahun 2023

Pada Gambar 4, terlihat bahwa bulan Mei, Agustus, dan Oktober memiliki jumlah prakiraan tidak hujan tertinggi selama tahun 2023 dengan 248 kejadian, sedangkan bulan Februari memiliki jumlah prakiraan tidak hujan terendah selama tahun 2023 dengan 101 kejadian. Secara umum, bulan – bulan yang masuk dalam musim kemarau (Juni, Juli, dan Agustus) di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin memiliki jumlah prakiraan tidak hujan yang lebih tinggi dibandingkan musim – musim lainnya sehingga dapat dikatakan hasil prakiraan tidak hujan dengan menggunakan algoritma *Decision Tree C4.5* tidak terjadi anomali. Pada tahun 2023, prakiraan tidak hujan memiliki jumlah kejadian yang lebih tinggi dibandingkan dengan prakiraan hujan karena output data *training* selama tahun 2013 – 2022 didominasi oleh kejadian tidak hujan serta inputan pada *data testing* selama tahun 2023 memiliki hasil prakiraan yang didominasi oleh tidak hujan.



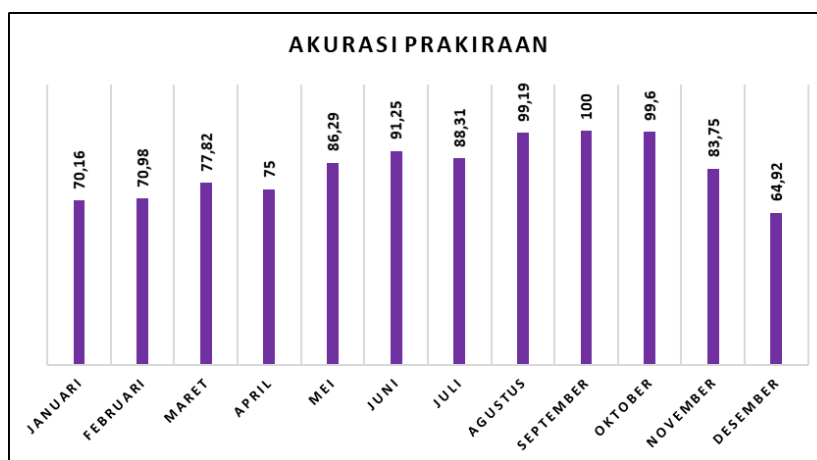
Gambar 5. Prakiraan Salah Selama Tahun 2023

Pada Gambar 5, terlihat bahwa pada bulan Desember memiliki jumlah prakiraan salah tertinggi selama tahun 2023 dengan 87 kejadian sedangkan bulan September memiliki jumlah prakiraan salah terendah selama tahun 2023 dengan 0 kejadian. Secara umum, bulan – bulan yang masuk dalam musim penghujan (Desember, Januari, dan Februari) di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin memiliki jumlah prakiraan salah yang lebih tinggi dibandingkan musim – musim lainnya karena kurang konsistennya output yang dihasilkan dari algoritma *Decision Tree C4.5* terhadap hasil observasi di bulan – bulan yang masuk dalam musim penghujan selama tahun 2023.



Gambar 6. Prakiraan Benar Selama Tahun 2023

Pada Gambar 6, terlihat bahwa pada bulan Oktober memiliki jumlah prakiraan benar tertinggi selama tahun 2023 dengan 247 kejadian sedangkan bulan Februari memiliki jumlah prakiraan benar terendah selama tahun 2023 dengan 159 kejadian. Secara umum, bulan – bulan yang masuk dalam musim kemarau (Juni, Juli, dan Agustus) dan musim peralihan ke penghujan (September, Oktober, dan November) di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin memiliki jumlah prakiraan benar yang lebih tinggi dibandingkan musim – musim lainnya karena konsistennya output yang dihasilkan dari algoritma *Decision Tree C.4.5* terhadap hasil observasi di bulan – bulan yang masuk dalam musim kemarau dan musim peralihan ke penghujan selama tahun 2023.



Gambar 7. Akurasi Prakiraan Selama Tahun 2023

Pada Gambar 7, terlihat bahwa pada bulan September memiliki akurasi prakiraan tertinggi selama tahun 2023 dengan presentase sebesar 100% sedangkan bulan Desember memiliki akurasi prakiraan terendah selama tahun 2023 dengan presentase sebesar 64,92%. Secara umum, bulan – bulan yang masuk dalam musim kemarau (Juni, Juli, dan Agustus) dan musim peralihan ke penghujan (September, Oktober, dan November) di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin memiliki akurasi prakiraan yang lebih tinggi dibandingkan musim – musim lainnya karena tingginya jumlah prakiraan yang benar pada bulan – bulan yang masuk dalam musim kemarau dan musim peralihan ke penghujan selama tahun 2023. Jika jumlah prakiraan yang benar dan salah dari masing – masing bulan digabungkan, maka didapatkan akurasi prakiraan selama tahun 2023 sebesar 84% dimana akurasi tersebut dapat dikatakan sangat baik^[18] dalam memprakirakan hujan di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya^{[16], [17]}, akurasi yang didapatkan dalam penelitian ini berada dalam *range* (80% sampai dengan 90%) yang sama terhadap penelitian sebelumnya meskipun masing – masing penelitian memakai data input yang berbeda dalam memprakirakan hujan atau unsur meteorologi

lainnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa algoritma *Decision Tree C4.5* sangat baik kinerjanya dalam memprakirakan hujan atau unsur meteorologi lainnya.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas, didapatkan bahwa hasil prakiraan selama tahun 2023 di Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin dengan menggunakan algoritma *Decision Tree C4.5* didominasi oleh tidak hujan sebanyak 2590 kejadian, sedangkan jumlah prakiraan hujan didapatkan sebanyak 330 kejadian. Akurasi prakiraan perbulan didapatkan berkisar antara 64,92% hingga 100% dimana jika jumlah prakiraan yang benar dan salah dari masing – masing bulan digabungkan, maka didapatkan akurasi prakiraan selama tahun 2023 sebesar 84% dimana akurasi tersebut dapat dikatakan sangat baik

Saran

Untuk pengembangan algoritma *Decision Tree C4.5* dalam memprakirakan hujan atau unsur meteorologi lainnya, harap menggunakan data input yang berbeda dengan penelitian sebelumnya agar dapat diketahui tipe – tipe data input yang konsisten terhadap data output yang diprakirakan.

Ucapan Terimakasih

Penulis berterima kasih kepada Rekan – Rekan dari Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin yang telah menyiapkan data – data yang digunakan Penulis dalam mengerjakan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] M. Allaby, *Encyclopedia of Weather and Climate*, Rev. ed. dalam Facts on File science library. New York: Facts on File, 2007.
- [2] B. Tjasyono dan S. W. Harijono, *Meteorologi Indonesia Volume II (Awan dan Hujan)*. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2012.
- [3] C. D. Ahrens, Ed., *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*, 9. ed., International student ed. Belmont, Calif.: Brooks, Cole, 2009.
- [4] M. R. Fatkhurrahman, “Analisa Pemberian Weather Information Terhadap Pemberian Pelayanan Lalu Lintas Penerbangan di Bandar Udara Soa – Bajawa,” 2020.
- [5] K. Guo dan M. Guan, “Modeling and Assessment of Lateral Grooved Airport Runway Water Film Thickness,” dipresentasikan pada 40th IAHR World Congress, Vienna, Austria, 2023, hlm. 2346–2352. doi: 10.3850/978 – 90 – 833476 – 1 – 5 _jahr40wc – p0424 – cd.
- [6] R. Farikhul Firdaus dan I. V. Paputungan, “Prediksi Curah Hujan di Kota Bandung Menggunakan Metode Long Short Term Memory,” *Jur. Penel. Inov.*, vol. 2, no. 3, hlm. 453–460, Nov 2022, doi: 10.54082/jupin.99.
- [7] P. Ismail dan J. T. Lestari, “Keterkaitan Antara Total Precipitable Water Dan Curah Hujan di Makassar,” *Buletin BBMKG Wilayah II*, vol. 9, no. 3, hlm. 38–44, 2019.
- [8] C. Rocken *dkk.*, “Sensing atmospheric water vapor with the global positioning system,” *Geophysical Research Letters*, vol. 20, no. 23, hlm. 2631–2634, Des 1993, doi: 10.1029/93GL02935.
- [9] M. C. Soemarno, M. Arsyad, S. Subaer, dan A. Prasetyo, “Analisis Hujan Ekstrem di Wilayah Makassar Periode 2017 – 2021,” *JFU*, vol. 11, no. 4, hlm. 542–547, Okt 2022, doi: 10.25077/jfu.11.4.542 – 547.2022.
- [10] P. Ismail dan E. L. Siadari, “Atmospheric conditions analysis of the heavy rain phenomenon in Biak (case study 4 – 5 December 2014),” *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 795, hlm. 012015, Jan 2017, doi: 10.1088/1742 – 6596/795/1/012015.



- [11] F. Nurrohman, M. Arsyad, A. Susanto, dan A. Prasetyo, “Prakiraan Intensitas Curah Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berdasarkan Tipe Pola Hujan,” *JFU*, vol. 12, no. 3, hlm. 402–409, Jul 2023, doi: 10.25077/jfu.12.3.401 – 408.2023.
- [12] M. A. Muslim *dkk.*, *Data Mining Algoritma C4.5 Disertai Contoh Kasus dan Penerapannya dengan Program Computer*. Semarang: Universitas Negeri Semarang, 2019.
- [13] M. A. Abdillah, A. Setyanto, dan S. Sudarmawan, “Implementasi Decision Tree Algoritma C4.5 Untuk Memprediksi Kesuksesan Pendidikan Karakter,” *jtir*, vol. 15, no. 2, hlm. 59, Jul 2020, doi: 10.35842/jtir.v15i2.349.
- [14] S. Redjeki, A. Damayanti, E. Hudianti, dan A. H. Nasyuha, “Implementation of Classification Decision Tree and C4.5 Algorithm in selecting Insurance Products,” *Sinkron*, vol. 9, no. 1, hlm. 600–608, Jan 2024, doi: 10.33395/sinkron.v9i1.13444.
- [15] R. N. Ramadhon, A. Ogi, A. P. Agung, R. Putra, S. S. Febrihartina, dan U. Firdaus, “Implementasi Algoritma Decision Tree untuk Klasifikasi Pelanggan Aktif atau Tidak Aktif pada Data Bank,” vol. 3, 2024.
- [16] D. K. Pramudito, “Data Mining Implementation On Java North Coast Weather Forecast Dataset Using C4.5 Algorithm,” vol. 12, no. 3, 2021.
- [17] S. S. P. Rachmawati, K. V. Prakusa, dan S. Rihastuti, “Penerapan Data Mining dengan Metode Decision Tree untuk Prediksi Cuaca di Kota Seattle menggunakan Aplikasi Weka,” 2023.
- [18] Y. Wei, “The Assessment of the Accuracy of Meteorological Satellite Rainfall Measurement Products in the Heihe River Basin,” *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, vol. 392, hlm. 062146, Agu 2018, doi: 10.1088/1757 – 899X/392/6/062146.
- [19] B. Setyatmoko dan M. Hariadi, “Prediksi Cuaca Menggunakan Metode Bayesian Berbasis Big Data,” *Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII*, 2015.
- [20] V. Gholami, K. W. Chau, F. Fadaee, J. Torkaman, dan A. Ghaffari, “Modeling of groundwater level fluctuations using dendrochronology in alluvial aquifers,” *Journal of Hydrology*, vol. 529, hlm. 1060–1069, Okt 2015, doi: 10.1016/j.jhydrol.2015.09.028.

