

Prediksi Curah Hujan Dari Data Satelit Himawari-8 Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor (KNN)

1st Hikmah Nisyaa

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

hikmahnisya@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Casi Setianingsih

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

setiacasie@student.telkomuniversity.ac.id

3rd Wendi Harjupa

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

wendihjr@telkomuniversity.ac.id

4th Risyanto

Pusat Penelitian Iklim dan Atmosfer
Badan Riset dan Inovasi Nasional
Bandung, Indonesia
risyanto@brin.go.id

Abstrak— cuaca adalah fenomena yang terjadi di atmosfer bumi yang berlangsung selama beberapa hari, dan yang berlangsung lama disebut iklim. Kondisi cuaca saat ini dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti suhu, tekanan udara, kecepatan angin, kelembapan udara, dan curah hujan. Perkiraan cuaca di Indonesia tidak menentu dan akan berubah setiap minggunya. Untuk memprediksi suhu dan kondisi cuaca secara akurat di suatu tempat, diperlukan teknologi yang dapat menganalisa dan memprediksi suhu dan kondisi cuaca di daerah tersebut. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah aplikasi Machine Learning (ML). Penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini membahas tentang prediksi suhu awan dan hujan menggunakan data dari Satelit Himawari-8 dengan menerapkan metode K-Nearest Neighbor (KNN). Hasil prediksi yang telah didapatkan akan dibandingkan Kembali untuk mengetahui dan menilai kesesuaian hasil. Prediksi dengan fakta yang terjadi secara langsung untuk mendapatkan hasil prediksi yang optimal. Dalam prediksi hujan ini menggunakan NetCDF (ekstensi .nc) untuk melakukan proses prediksi, untuk memprediksi suhu awan dan hujan digunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN) dengan titik acuan suhu. Pengujian data dari 180 dataset telah dilakukan dan telah diperoleh hasil akurasi tertinggi beserta peta plot. Tingkat akurasi yang dihasilkan adalah 90-100 %.

Kata kunci— Curah hujan, suhu awan, Himawari -8, *Machine Learning*, K-Nearest Neighbor.

I. PENDAHULUAN

Cuaca adalah fenomena yang terjadi di atmosfer bumi yang berlangsung selama beberapa hari. Cuaca dengan jangka waktu yang lebih lama disebut sebagai “iklim”. Kondisi cuaca saat ini dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti suhu, tekanan udara, kecepatan angin, kelembapan, dan curah hujan. Perkiraan cuaca dan iklim di Indonesia tidak menentu dan biasanya terjadi perubahan setiap minggu, sehingga sulit untuk melakukan prediksi [1]. Berdasarkan data dari 88 stasiun pengamatan BMKG, rata-rata suhu udara bulan November di Indonesia dari tahun 1981 hingga 2010 adalah 26,9 °C (dalam kisaran normal 21,3 °C – 29,7 °C) dan suhu rata-rata pada bulan November 2021 adalah 27,1 °C. berdasarkan nilai tersebut, anomali suhu udara Indonesia

pada bulan November 2021 merupakan nilai anomali tertinggi ke-21 sepanjang periode data pengamatan sejak tahun 1981. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa suhu dan cuaca di Indonesia tidak dapat diprediksi sehingga hasil dari tingkat akurasi prediksi melalui hasil proses menjadi rendah [2]. Untuk memprediksi secara akurat kondisi suhu dan cuaca di suatu tempat, diperlukan teknologi yang dapat menganalisa kondisi suhu dan cuaca di daerah tersebut. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah aplikasi Machine Learning (ML). ML masih merupakan cabang dari Artificial Intelligence (AI), yang merupakan studi atau algoritma model statistik, biasanya digunakan oleh sistem komputer untuk melakukan tugas tanpa arah atau instruksi yang jelas. ML juga sangat menarik karena kemampuan belajarnya mirip dengan manusia. Konsep ML digunakan untuk memprediksi suatu kejadian di masa depan berdasarkan hal-hal yang telah terjadi di masa lalu, dengan konsep kerja manusia yang memberikan data atau input pada komputer, yang kemudian akan diolah menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN) untuk mendapatkan hasil akurasi yang tinggi dan optimal.

II. KAJIAN TEORI

A. Himawari-8

Satelit Himawari-8 adalah satelit meteorologi yang dioperasikan oleh Badan Meteorologi Jepang (JMA). Himawari-8 adalah Meteorologi Geostasioner Satelit (GMS), yang merupakan generasi baru MTSAT (Satelit Transportasi Multifungsi). Himawari-8 diluncurkan pada Oktober 2014, dan mulai beroperasi pada pertengahan 2016. Posisi Himawari-8 adalah 140 ° BT untuk memantau timur Asia dan Pasifik Barat. Satelit Himawari-8 dilengkapi dengan sensor yang disebut Advanced Himawari Imager (AHI), yang memiliki temporal, spectral, dan resolusi spasial yang lebih baik dibandingkan dengan model sebelumnya. Himawari-8 memiliki saluran terdiri dari 16 saluran yaitu 3 saluran visible, 3 saluran near-infrared, dan 10 saluran infrared [3].

B. Machine Learning

Machine Learning (ML) adalah sub bidang dari Artificial Intelligence (AI) dan ilmu komputer yang berfokus pada pengguna data dan algoritma untuk meniru cara belajar manusia yang secara otomatis meningkatkan diri melalui data yang ada di masa lampau. Algoritma ML biasanya diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu cara kerja tanpa diawasi dan diawasi. Secara tidak langsung membangun model berdasarkan sampel data yang disebut sebagai data pelatihan untuk membuat prediksi atau hasil tanpa deprogram secara kompleks [4].

C. K-Nearest Neighbor

K-Nearest Neighbor (KNN) adalah sebuah objek metode klasifikasi berdasarkan data pelatihan terdekat dengan objek tertentu. KNN adalah algoritma pembelajaran dimana hasil dari query instan yang diurutkan berdasarkan Sebagian besar jenis dari algoritma KNN. Adapun kelas yang paling banyak muncul akan menjadi kelas dari hasil klasifikasi [5].

D. Anaconda

Distribusi bahasa pemrograman Python untuk komputasi ilmiah (ilmu data, pembelajaran mesin, pemrosesan data skala besar, dan prediksi analytics), yang bertujuan untuk menyederhanakan pengelolaan, manajemen, dan penyebaran alat. Distribusi ini termasuk sebagai perangkat lunak yang bisa digunakan pada Windows, Linux, dan MacOS. Fitur anaconda yang umum digunakan adalah Spyder.

Spyder IDE adalah lintas platform yang bersifat open source, Spyder IDE ditulis seluruhnya dengan python dan dirancang sepenuhnya untuk para ilmuwan, terutama bagi para ilmuwan, analis data an insinyur. Hal ini juga disebut sebagai pengembangan Python ilmiah terlengkap karena berisi editor untuk menulis variabel explorer untuk verifikasi data yang mudah, konsol LPython, dan lebih banyak lagi. Spyder juga menyertakan sistem yang kuat untuk memeriksa dan mendebug kode, memungkinkan pengguna untuk melakukan seluruh kode atau analisis baris yang mendeteksi dan memperbaiki kesalahan, juga sebagai antarmuka yang sangat mudah digunakan dan dapat disesuaikan, memungkinkan pengguna untuk memilih hal-hal seperti pengaturan panel yang berbeda dan bahkan tata letak warna yang berbeda [6].

E. GrADS

Sebuah perangkat lunak interaktif yang dapat digunakan untuk analisis, manipulasi, dan gambar dalam bentuk grafik seperti garis grafik, grafik batang, grafik kontur, vector angin tau arus untuk data. Ilmu atmosfer, data grid, dan data dari stasiun pengamatan ini bisa digunakan pada Unix versi Linux, Windows, dan Macintosh. GrADS dapat digunakan secara interaktif dari baris perintah atau digunakan sebagai bahasa skrip [7]

F. NetCDF

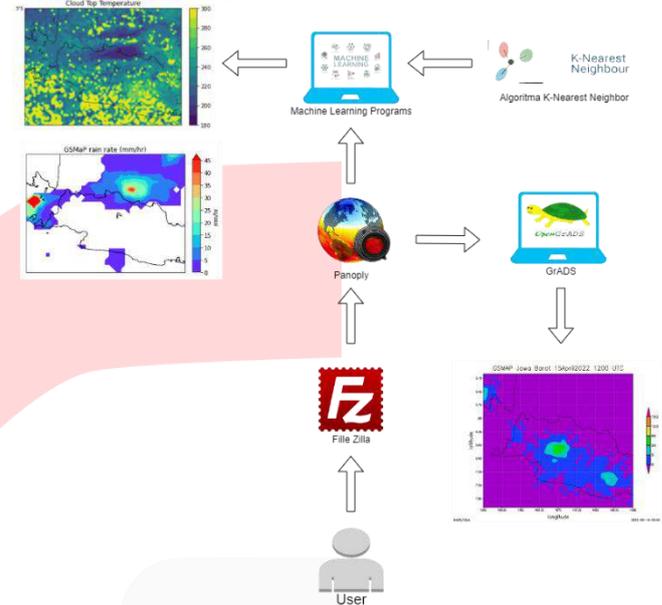
Networking Common Data Form (NetCDF) merupakan sebuah file berekstensi .nc dan seperangkat pustaka perangkat lunak dan self-describing. NetCDF dikembangkan dan dikelola oleh Unidata. Self-describing artinya ada header yang mendeskripsikan tata letak file, khususnya larik data, metadata file dalam bentuk atribut nama atau nilai. NetCDF mendukung pembuatan, akses, dan berbagai data ilmiah

berorientasi larik (array), larik bisa diartikan sebagai data ilmiah yang memiliki lebih dari 1 dimensi. Beberapa perangkat lunak dan bahasa pemrograman yang mendukung dalam membaca data NetCDF seperti GrADS, Panoply, dan Python [8]

III. METODE

A. Perancangan Sistem

Sistem dirancang berdasarkan *flow* di bawah ini:



GAMBAR 1
DESAIN RANCANGAN PERMAINAN

Pada gambar diatas, dapat dilihat gambaran umum tentang sistem yang akan diproses untuk mendapatkan nilai akurasi sebagai titik acuan dalam memprediksi hujan. Berikut penjelasan dari urutan sistem pada diagram blok sebagai berikut:

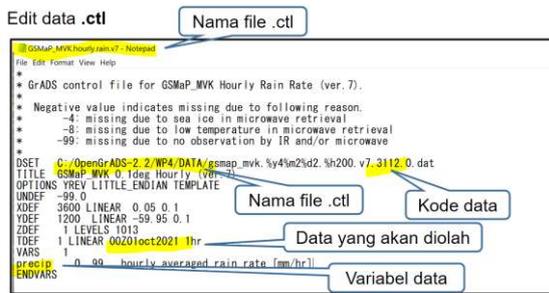
1. User harus melakukan registrasi terlebih dahulu untuk memiliki akses login pada web satelit Himawari-8, registrasi dilakukan pada link berikut:
https://www.eorc.jaxa.jp/ptree/registration_top.html
<https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/>
2. Setelah mendapatkan hak akses yang dikirimkan melalui email pendaftar, selanjutnya user akan menggunakan sebuah aplikasi yang disebut FileZilla untuk login dan mendapatkan data.
3. Selanjutnya proses mengunduh data bisa dilakukan melalui FileZilla, dan User memiliki hak akses pada Satelit Himawari-8.
4. Jika User telah melakukan proses pengunduhan data, selanjutnya user bisa melakukan proses cek data pada Panoply.
5. Proses pengolahan data pada aplikasi Machine Learning (ML) deprogram dengan menggunakan tools Spyder IDE dan OpenGrADS serta implementasi algoritma model K-Nearest Neighbor (KNN).
6. Selanjutnya program akan melakukan klasifikasi data training dan data validasi untuk melakukan prediksi suhu awan.
7. Setelah program berhasil dijalankan tanpa ada pesan error, maka akan ada keluaran hasil berupa plot map dan nilai akurasi.

- Hasil plot dan nilai akurasi akan digunakan untuk melakukan prediksi curah hujan, dengan cara melihat rendah dan tingginya suhu awan serta hasil akurasi yang diperoleh dari implementasi metode KNN yang kemudian akan dilakukan proses perbandingan secara kualitatif pada perkembangan awan dan titik terjadinya hujan.
- Setelah perbandingan selesai, maka selanjutnya akan di peroleh kecocokan antara titik hujan pada perkembangan data awan dan data hujan, dan prediksi telah selesai dilakukan.

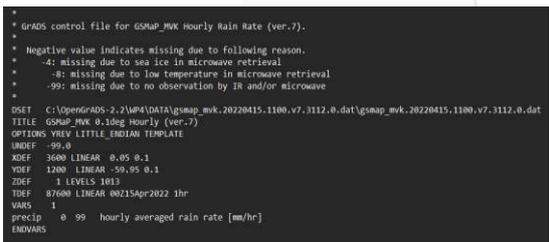
B. Sistem yang Digunakan

Pada analisis ini akan ada proses analisa data digunakan pada sistem, data yang digunakan adalah data NetCDF yang telah diunduh dari satelit Himawari-8, berupa data awan dan data hujan, penjelasan sebagai berikut:

- Akuisis data dilakukan dengan cara memanfaatkan FileZilla dalam mengunduh data serta data yang digunakan memiliki perbandingan setiap 10 menit, untuk waktu pada data tersebut dimulai dari pukul 00.00 UTC hingga 12.50 UTC atau pukul 07.00 WIB hingga 19.50 WIB.
- Proprocessing data dilakukan untuk dapat melihat kesamaan antara hasil plot map data awan dan data hujan, namun pada data hujan dilakukan sedikit perubahan menggunakan tools GrADS, seperti berikut:



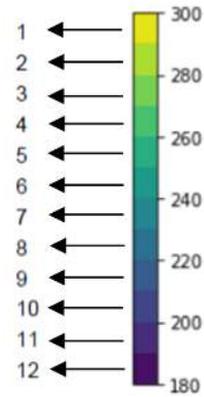
GAMBAR 2
ISI DATA FILE CTL PADA NOTEPAD



GAMBAR 3
ISI DATA FILE CTL PADA NOTEPAD SETELAH DI EDIT

Perubahan dilakukan untuk bisa menampilkan plot map data yang sedang di training, perubahan dilakukan sesuai dengan nama file, jam tertera pada file, kode data file, tanggal pada data yang akan diolah, dan memastikan variabel data berupa precip agar data dapat memuncul plot map.

- Adapun 3 kelas yang digunakan. Pada samping plot map juga telah dimunculkan legeng dengan 12 warna yang digunakan untuk capaian level pada suhu awan dengan penjelasan sebagai berikut:



GAMBAR 4
LEGEND 12 WARNA

Pada gambar di atas, ada 12 warna yang digunakan pada penelitian ini sebagai titik acuan suhu awan sebagai berikut:

TABEL 1
PENJELASAN LEGEND 12 WARNA

NO.	Penjelasan Warna pada Acuan Suhu Awan
1.	Warna nomor 1 (Golden Fizz) menunjukkan suhu awan tinggi = 290 - 300 k.
2.	Warna nomor 2 (Fuego) menunjukkan suhu awan tinggi = 280 - 290 k.
3.	Warna nomor 3 (Mantis) menunjukkan suhu awan tinggi = 270 - 280 k.
4.	Warna nomor 4 (Emerald) menunjukkan suhu awan tinggi = 260 - 270 k.
5.	Warna nomor 5 (Jungle Green) menunjukkan suhu awan sedang = 250 - 260 k.
6.	Warna nomor 6 (Java) menunjukkan suhu awan sedang = 240 - 250 k.
7.	Warna nomor 7 (Java) menunjukkan suhu awan sedang = 230 - 240 k.
8.	Warna nomor 8 (Lochmara) menunjukkan suhu awan sedang = 220 - 230 k.
9.	Warna nomor 9 (St Tropaz) menunjukkan suhu awan rendah = 210 - 220 k.
10.	Warna nomor 10 (Jacksons Purple) menunjukkan suhu awan rendah = 200 - 210 k.
11.	Warna nomor 11 (Windsor) menunjukkan suhu awan rendah = 190 - 200 k.
12.	Warna nomor 12 (Persian Indigo) menunjukkan suhu awan rendah = 180 - 190 k.

TABEL 2
SKENARIO SUHU AWAN

No.	Skala (Kelvin)	Suhu Awan	Hasil Prediksi
1	300 K	Tinggi	Tidak Hujan
2	290,15 K	Tinggi	Tidak Hujan

No.	Skala (Kelvin)	Suhu Awan	Hasil Prediksi
3	280,15 K	Tinggi	Tidak Hujan
4	270,15 K	Tinggi	Tidak Hujan
5	260,15 K	Sedang	Mendung
6	250,15 K	Sedang	Mendung
7	240,15 K	Sedang	Mendung
8	230,15 K	Sedang	Mendung
9	220,15 K	Rendah	Hujan
10	210,15 K	Rendah	Hujan
11	200,15 K	Rendah	Hujan
12	180,15 K	Rendah	Hujan

3. Selanjutnya proses pengolahan data pada Spyder IDE dan GrADS.
4. Nilai akurasi dan plot map berhasil didapatkan.

E. K-Nearest Neighbor (KNN)

Merupakan metode klasifikasi objek berdasarkan data latih terdekat dengan objek tersebut, KNN adalah algoritma pembelajaran terawasi di mana hasil dari Query instance baru diurutkan berdasarkan sebagai besar jenis algoritma KNN, dimana kelas yang muncul paling banyak akan menjadi kelas dari hasil klasifikasi. Kedekatan didefinisikan dalam hal jarak metrik, seperti jarak Euclidean. Jarak Euclidean dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut [5]:

$$D_{xy} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

Keterangan:

D = Jarak Kedekatan

X = Data Training

Y = Data Testing

N = Jumlah atribut individu antara 1 s.d n

F = Fungsi similitary atribut i antara kasus x dan y

I = Atribut individu antara 1 sampai dengan n

C. Sistem Perangkat Lunak

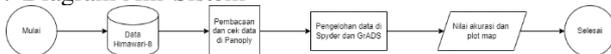
Spesifikasi perangkat lunak yang digunakan:



GAMBAR 5 PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

1. Sebelum melakukan klasifikasi data, maka dilakukan proses cek data terlebih dahulu menggunakan panoply untuk melihat isi dan kelengkapan data.
2. Melakukan klasifikasi data menjadi dua yaitu data training dan data validasi.
3. Proses training dilakukan pada ML dengan penerapan metode KNN untuk mendapatkan nilai akurasi beserta plot map data awan dan data hujan.
4. Setelah berhasil mendapatkan nilai akurasi dan plot map dari proses training data pada ML, selanjutnya melakukan preprocessing data.
5. Kemudian melakukan running data pada GrADS.
6. Mendapatkan plot data hujan.
7. Melakukan perbandingan letak titik hujan melalui perkembangan awan pada plot data awan, dan letak titik hujan pada plot data hujan.
8. Setelah perbandingan sudah selesai dilakukan, kemudian ditemukan kecocokan antara data awan dan data hujan, maka proses prediksi telah selesai dilakukan.

D. Diagram Alir Sistem



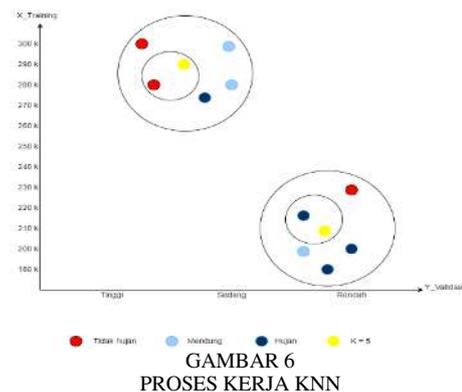
GAMBAR 6 DIAGRAM ALIR SISTEM

1. Sebelum data himawari di olah pada Spyder IDE dan GrADS, akan dilakukan pengecekan ini dan kelengkapan data terlebih dahulu.
2. Melakukan proses cek data dan pembacaan data pada panoply.

Langkah-langkah untuk menghitung metode KNN sebagai berikut:

1. Menentukan parameter K (Jumlah tetangga terdekat).
2. Menghitung kuadrat jarak Euclid (query instance) masing-masing objek terhadap data sampel yang ada diberikan menggunakan persamaan 1.
3. Kemudian mengurutkan objek-objek tersebut ke dalam kelompok yang mempunyai jarak Euclid terkecil.
4. Mengumpulkan kategori Y (klasifikasi Nearest Neighbor).
5. Dengan menggunakan kategori Nearest Neighbor yang paling mayoritas maka dapat diprediksi nilai query instance yang telah dihitung.

Proses kerja KNN pada contoh kasus ini dengan titik acuan adalah suhu, dan memiliki nilai K yang default pada program yaitu K = 5, sebelumnya sudah melakukan pengujian nilai K sebanyak 4 kali yaitu K = 5, K = 7, K = 9, dan K = 11. Terdapat 12 data dengan 3 warna, warna merah dapat diartikan sebagai suhu tingkat tinggi dengan range 270 k – 300 k (hujan), warna biru muda dapat diartikan sebagai suhu tingkat sedang dengan range 230 k – 260 K (mendung), warna biru tua dapat diartikan sebagai suhu tingkat rendah dengan range 180 k – 220 k (hujan). Untuk cara hitungan nilai dapat dilihat pada gambar dibawah, dengan titik acuan K = 5 mencari jarak terdekat dengan titik suhu di sekitarnya, dapat dilihat bahwa titik kuning memiliki jarak dekat dengan titik merah pada suhu tingkat tinggi 280 K.



GAMBAR 6 PROSES KERJA KNN

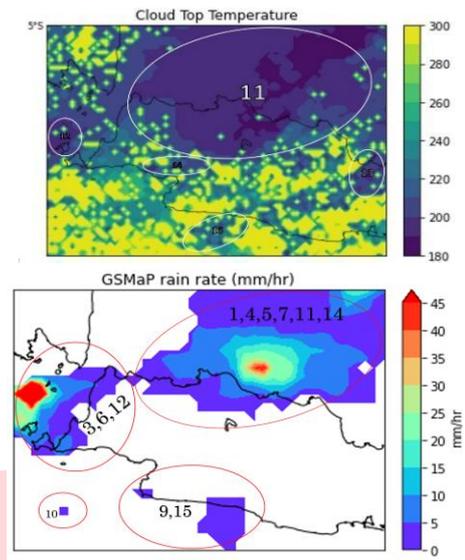
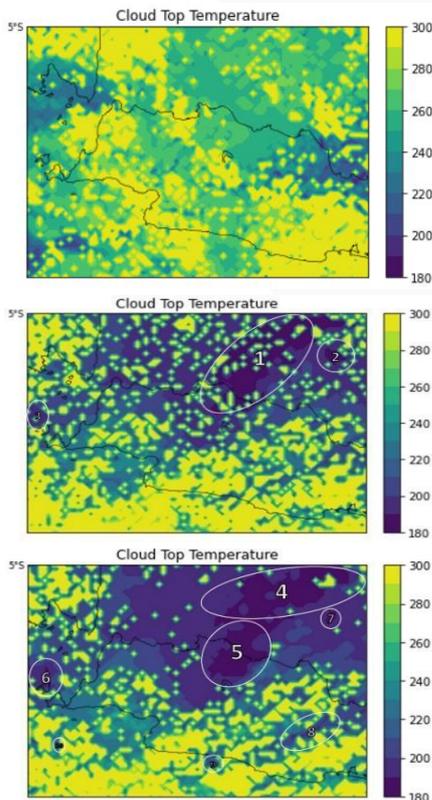
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian ini, dilakukan klasifikasi data menjadi data training dan data validasi. Tahap awal pengujian untuk mendapatkan output dari data awan yang berupa suhu awan dimulai dengan menggunakan parameter algoritma KNN, hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dan dipilih 5 akurasi terendah dan 5 akurasi tertinggi. Sebelumnya telah dilakukan proses training sebanyak 180 data, pada proses training 120 data, didapatkan nilai akurasi tertinggi yaitu 100 %, kemudian menambahkan lagi 60 data untuk dilakukan training dengan harapan bisa mendapatkan nilai akurasi lebih besar dari 100 %, namun hasil akhir yang didapatkan adalah nilai akurasi mengalami penurunan dan kenaikan hanya sampai 100 % saja. Laporan tentang hasil training data akan digunakan nilai K yang default, yaitu K = 5.

CLTT merupakan singkatan dari Cloud Top Temperature, atau bisa diartikan sebagai suhu awan yang berperan penting dalam proses muncul hujan. Kemudian pada satelit Himawari-8, waktu yang digunakan yaitu UTC (Coordinate Universal Time) dengan perbedaan 7 jam lebih dulu di Indonesia. Saat melakukan cek kelengkapan kanal pada data .nc, setiap kanal memiliki plot map, plot tersebut berbentuk peta yang memperlihatkan perkembangan awan dan suhu awan.

A. Perbandingan Plot Data Awan dan Data Hujan.

Melakukan perbandingan secara kualitatif dilihat dari perkembangan awan dan titik hujan pada nilai akurasi terendah sebagai berikut:

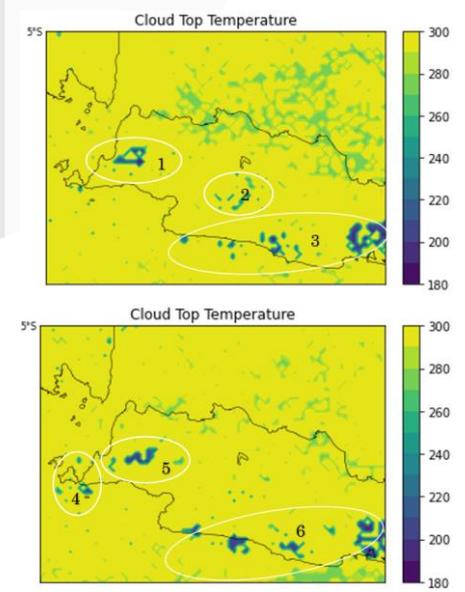


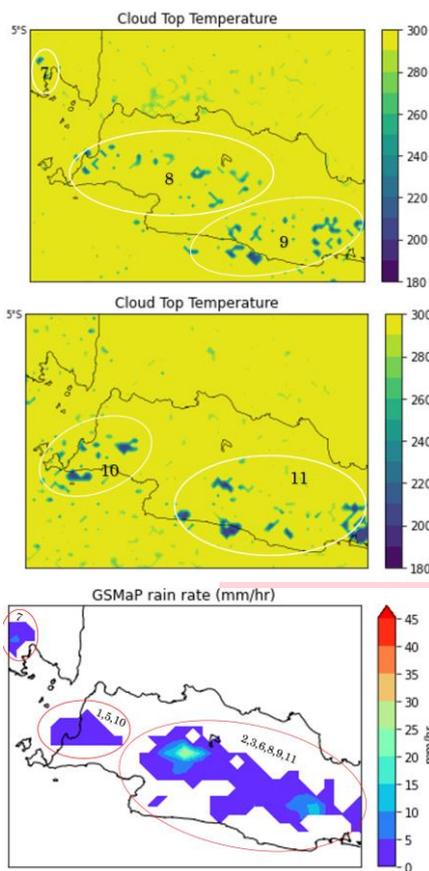
Pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa:

1. Pada latitude 5.6 – 6.4 derajat bagian selatan dan longitude 106.2 – 109 derajat bagian utara, telah terjadi hujan ditandai lingkaran dengan angka 1, 4, 5, 7, 11, dan 14.
2. Pada latitude 6.5 – 7 derajat bagian selatan dan longitude 105 – 106.3 derajat bagian utara, telah terjadi hujan ditandai lingkaran dengan angka 3, 6, dan 12.
3. Pada latitude 7.3 – 7.8 derajat bagian selatan dan longitude 107 – 107.5 derajat bagian utara, telah terjadi hujan ditandai lingkaran dengan angka 9 dan 15.
4. Pada latitude 7.5 – 7.8 derajat bagian selatan dan longitude 105.3 – 105.9 derajat bagian utara, telah terjadi hujan ditandai lingkaran dengan angka 10.

B. Perbandingan Plot Data Awan dan Data Hujan

Melakukan perbandingan secara kualitatif dilihat dari perkembangan awan dan titik hujan pada nilai akurasi tertinggi sebagai berikut:





1	97,25 %	97,31 %	97,33 %	97,34 %
2	98,95 %	98,96 %	98,97 %	98,97 %
3	99,88 %	99,96 %	99,96 %	99,96 %
4	99,99 %	99,99 %	99,99 %	99,99 %
5	100 %	100 %	100 %	100 %

Pada penelitian ini dilakukan proses training sebanyak 4 kali, dari seluruh hasil data training disimpulkan bahwa data hasil training nilai K = 11 adalah yang terbaik, karena nilai akurasi yang dihasilkan sangat baik daripada nilai K lainnya.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan sistem yang telah dibuat serta hasil dari pengujian dan analisis, maka dapat diambil kesimpulan bahwa, pada penelitian ini telah berhasil melakukan prediksi hujan menggunakan hasil training data awan yang menghasilkan plot dan tingkat akurasi 40-100 %. Pada penelitian ini juga telah berhasil melakukan perbandingan melalui mengujian 180 data, dan diperoleh akurasi terendah adalah 40-50 % dan akurasi tertinggi adalah 90-100 % pada training data ke-30, dengan nilai K yang digunakan default atau K = 5.

REFERENSI

Pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa:

1. Pada latitude 5.1 – 5.7 derajat bagian selatan dan longitude 105 – 105.5 derajat bagian utara, telah terjadi hujan ditandai lingkaran dengan angka 7.
2. Pada latitude 6 – 6.6 derajat bagian selatan dan longitude 105.5 – 106.3 derajat bagian utara, telah terjadi hujan ditandai lingkaran dengan angka 1 dan 5.
3. Pada latitude 6 – 7.8 derajat bagian selatan dan longitude 106.4 – 109 derajat bagian utara, telah terjadi hujan ditandai lingkaran dengan angka 2, 3, 6, 8, 9, dan 11.

C. Kesimpulan Pengujian

TABEL 1
5 AKURASI TERENDAH

No.	K = 5	K = 7	K = 9	K = 11
1	49,52 %	58,33 %	59,35 %	60,05 %
2	50,39 %	60,99 %	60,99 %	60,99 %
3	50,87 %	61,79 %	62,69 %	66,11 %
4	52,42 %	62,02 %	62,77 %	62,77 %
5	53,48 %	62,13 %	62,83 %	63,32 %

TABEL 4
5 AKURASI TERTINGGI

No.	K = 5	K = 7	K = 9	K = 11
-----	-------	-------	-------	--------

- [1] P. Supendi, N. T. Puspito, A. D. Nugraha, S. Widiyantoro, C. I. Abdullah, Daryono, D. Karnawati, S. Rohadi, Zulfakriza and D. P. Sahara, "Earthquake Swarm Analysis around Mt. Salak, West Java, Indonesia, Using BMKG Data from August 10 to November 24, 2019," *The 3rd Southeast Asian Conference on Geophysics*, pp. 1-2, 2021.
- [2] "Perubahan Iklim," BMKG, Jum'at Desember 2021. [Online]. Available: <https://www.bmkg.go.id/iklim/?p=ekstrem-perubahan-iklim>. [Accessed Jum'at Desember 2021].
- [3] G. N. Risyanto, "Identification or rainfall area in Indonesia using infrared channels of Himawari-8 Advance Himawari Imager (AHI)," *International Conference on Tropical Meteorology and Atmospheric Science. IOP*, pp. 1-2, 2019.
- [4] B. S. R. Kingsy Grace, "Machine Learning based Rainfall Prediction," *ICACCS*, p. 1, 2020.
- [5] H. Saadatfar, S. Khosravi, J. H. Joloudari, A. Mosavi and S. Shamsirband, "A New K-Nearest Neighbor Classifier for Big Data Based on Efficient Data Purning," *MDPI Mathematics*, pp. 1-5, 2020.
- [6] D. R. Merette, M. Ross, T. r. Merette and K. Church, "Introduction to Anaconda and Python: Installation and Setup," *Python for Research. CrossMark*, vol. Volume 16 No. 5, p. 3, 2020.
- [7] GrADS, "GrADS," Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies, Institute of Global Environment and Society, George Mason University, Virginia, 2021.
- [8] A. B. Noor, "NetCDF," Rpubs, Indonesia, 2020.
- [9] P. Supendi, N. T. Puspito, A. D. Nugraha, S. Widiyantoro, C. I. Abdullah, Daryono, D. Karnawati, S. Rohadi, Zulfakriza and D. P. Sahara, "Earthquake Swarm Analysis around Mt. Salak, West Java, Indonesia, Using BMKG Data from August 10 to November 24, 2019," *The 3rd Southeast Asian Conference on Geophysics*, 2021.
- [10] H. Saadatfar, S. Khosravi, J. H. Joloudari, A. Mosavi and S. Shamsirband, "A New K-Nearest Neighbor Classifier for Big Data Based on Efficient Data Pruning," *MDPI Mathematics*, pp. 1-5, 2020.

