

Peningkatan Akurasi Klasifikasi Awan Cumulonimbus Dari Satelit Himawari-8 Saat Cuaca Ekstrem Dengan Menggunakan Metode Grayscale Thermal Image Dan Neural Network Backpropagation

Triyotomo, Sari Ayu Wulandari, M. Arief Soeleman, Farrikh Al Zami

Universitas Dian Nuswantoro, Indonesia

Email: p31202002368@mhs.dinus.ac.id, sari.wulandari@dsn.dinus.ac.id,

m.arief.soeleman@dsn.dinus.ac.id, alzami@dsn.dinus.ac.id

Abstrak

Cumulonimbus adalah satu-satunya jenis awan yang dapat menghasilkan hujan es, kilat, dan guntur. Jenis awan ini dapat menyebabkan cuaca ekstrem yang menyebabkan kerusakan infrastruktur publik dan juga dapat menelan korban jiwa. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan deteksi awan Cumulonimbus pada satelit Himawari-8 menggunakan kombinasi metode Grayscale Thermal Image dan metode Artificial Neural Network Backpropagation. Data diambil selama musim transisi, yang merupakan waktu potensial timbulnya cuaca ekstrem yang disebabkan oleh awan Cumulonimbus cukup besar, dan konsekuensi yang timbul dapat menyebabkan kerugian yang sangat signifikan. Untuk mendeteksi Cumulonimbus, Citra Satelit Himawari-8 telah diproses sebelumnya sehingga diperoleh gambar abu-abu termal, kemudian gambar tersebut diubah menjadi data digital berupa angka dan dari karakterisasi hasil menggunakan histogram. Proses terakhir diklasifikasikan menggunakan Propagasi Jaringan Saraf Buatan. Semua proses dalam penelitian ini menggunakan Matlab untuk mendapatkan akurasi klasifikasi terbaik. Hasil yang diharapkan adalah peningkatan nilai akurasi saat menggunakan metode citra termal skala abu-abu dibandingkan tanpa menggunakan metode ini. Setiap data pelatihan nilai akurasi, data validasi, dan pengujian yang diperoleh meningkat dari 96,6%, 84,46%, dan 80,02 menjadi 100%, 88,9%, dan 91,7%.

Kata kunci: Cumulonimbus, Gambar Satelit, Himawari-8, Citra Termal Skala Abu-abu, Algoritma Propagasi Balik, Jaringan Saraf Buatan

Abstract

Cumulonimbus is the only type of cloud that can produce hail, lightning, and thunder. This type of cloud can cause extreme weather that causes damage to public infrastructure and can also cost lives. This research aims to improve Cumulonimbus cloud detection on the Himawari-8 satellite using a combination of the Grayscale Thermal Image method and the method of Artificial Neural Network Backpropagation. The data was taken during the transition season, which is a potential time the onset of extreme weather caused by Cumulonimbus clouds is quite large, and the consequences incurred can cause very significant losses. To detect Cumulonimbus, The Himawari-8 Satellite Image is pre-processed so that an image is obtained gray thermal, then the image is converted into digital data in the form of numbers and from the characterization of the results using histograms. The last process is classified using Artificial Neural Network Propagation. All processes in this study use Matlab to obtain the best classification accuracy. The expected result is an increase in the value of accuracy when using the method of grayscale thermal image compared without using this method. Each accuracy value training data, validating data, and testing data obtained increased from 96.6%, 84.46%, and 80.02 to 100%, 88.9%, and 91.7%.

Keywords: Cumulonimbus, Satellite Image, Himawari-8, Grayscale Thermal Image, Backpropagation Algorithm, Artificial Neural Network

PENDAHULUAN

Awan Cumulonimbus (Cb) tergolong awan yang berbahaya yang berdampak pada aktivitas manusia yang dapat menimbulkan kerugian yang sangat signifikan. Awan ini sering dikaitkan dengan kejadian cuaca signifikan berupa hujan lebat yang dapat diikuti angin kencang dan kilat atau petir (Chen et al., 2019). Dampak dari awan Cumulonimbus dapat mengakibatkan curah hujan yang tinggi, terjangan banjir bandang, angin kencang (puting beliung), kejadian tanah longsor, sambaran petir, hujan es, pohon tumbang dan dampak lain yang merugikan masyarakat luas (Akbar & Prajitno, 2023; Dorfman, 2018; Müller et al., 2018; Sitompul et al., 2020). Awan ini sering terjadi di negara tropis dikarenakan setiap tahunnya mendapatkan penyinaran matahari yang sangat tinggi (Giffard-Roisin et al., 2020). Indonesia termasuk negara

Peningkatan Akurasi Klasifikasi Awan Cumulonimbus Dari Satelit Himawari-8 Saat Cuaca Ekstrem Dengan Menggunakan Metode Grayscale Thermal Image Dan Neural Network Backpropagation

tropis yang posisinya di sekitar daerah khatulistiwa sehingga negara Indonesia selalu mendapatkan penyinaran matahari yang cukup besar setiap tahunnya (Goni et al., 2023). Indonesia juga mempunyai wilayah lautan lebih besar dibanding daratan, hal ini menjadi salah satu penyebab potensi pertumbuhan awan awan konvektif banyak terjadi di wilayah Indonesia (Afifah et al., 2023).

Grayscale Thermal Image merupakan salah satu metode preprocessing yang dipakai dalam penelitian ini, suatu metode pendekatan citra grayscale dengan memanfaatkan radiasi panas yang dipancarkan oleh suatu benda. Tujuan dari penggunaan metode ini untuk mengetahui karakteristik suhu pada citra satelit yang akan membedakan antara citra satelit yang terdapat awan cumulonimbus dan citra satelit yang tidak ada awan cumulonimbus atau citra satelit cuaca cerah (Liu et al., 2014; Li et al., 2017; Liu et al., 2016). Ada beberapa peneliti yang dilakukan yang memanfaatkan metode Thermal Image, seperti penelitian Afifah et al. (2023) yang meningkatkan kualitas Grayscale Thermal Image yang diambil dari Panel Photovoltaic dengan metode peningkatan kontras, kemudian dengan metode contrast-stretching dan histogram equalization dapat dikenali sel hotspot dengan baik dalam analisis kuantitatif dengan nilai akurasi rata-rata 96,93%. Kemudian penelitian Latinović (2020) yang bertujuan menemukan suatu cara yang efektif yang memanfaatkan thermal infrared spectral dan memberikan analisis berbagai degradasi citra yang mempengaruhi kinerja sistem deteksi wajah berdasarkan suhu dalam suatu sistem yang menggunakan R-CNN yang diimplementasikan pada platform perangkat keras untuk pemrosesan sinyal video. Ada juga penelitian Mu et al. (2020) yang membahas metode peningkatan citra termal inframerah berdasarkan histogram. Teknik yang diaplikasikan dalam analisis ini adalah untuk memperbaiki kualitas secara visual serta meningkatkan informasi yang dapat diekstrak dari citra termal inframerah. Metode ini berfokus pada penyesuaian histogram distribusi intensitas piksel dalam citra termal untuk meningkatkan kontras, kejelasan, dan detail visual.

Penggunaan Artificial Neural Network di dalam penelitian telah dipelajari Rosenblatt sejak tahun enam puluhan yang meneliti model probabilistik Rosenblatt (1958), tetapi penggunaannya untuk memprakirakan peristiwa meteorologi baru muncul dalam 20 tahun terakhir. Beberapa referensi awal mengenai penggunaan ANN yang berkaitan dengan meteorologi antara lain penggunaan ANN untuk mengklasifikasi awan, dan juga penggunaan Neural Network untuk memprediksi kejadian petir (Mehmood et al., 2022). Penggunaan Jaringan Saraf Tiruan untuk membantu dalam memprediksi cuaca, kejadian petir atau kilat, klasifikasi jenis awan dan fenomena meteorologi lainnya menjadi sangat penting, dikarenakan akurasi yang dihasilkan cukup baik, kecepatan dan juga kebutuhan masyarakat akan informasi meteorologi yang akurat semakin meningkat. Kemudian, dengan tingginya unjuk kerja Grayscale Thermal Image, maka penelitian ini menggabungkan metode Grayscale Thermal Image dengan Neural Network menggunakan set data citra satelit pada negara Indonesia (Mahajan & Fataniya, 2019).

Deteksi dini awan Cumulonimbus menjadi sangat penting untuk mitigasi bencana dan penyelamatan jiwa. Dalam konteks ini, teknologi penginderaan jauh satelit menawarkan solusi efektif untuk pemantauan awan secara real-time dengan cakupan wilayah yang luas. Satelit Himawari-8, yang diluncurkan oleh Japan Meteorological Agency (JMA), menyediakan data citra dengan resolusi temporal tinggi (setiap 10 menit) yang sangat berguna untuk mendeteksi perkembangan awan konvektif secara cepat (Nie et al., 2025; Shao et al., 2019; Sommer et al., 2025).

Dalam penelitian ini, digunakan metode preprocessing Grayscale Thermal Image yang merupakan pendekatan untuk mengkonversi citra termal berwarna menjadi citra grayscale dengan memanfaatkan informasi radiasi panas yang dipancarkan oleh awan. Prinsip dasarnya adalah bahwa setiap objek dengan temperatur di atas nol mutlak akan meradiasikan energi

Peningkatan Akurasi Klasifikasi Awan Cumulonimbus Dari Satelit Himawari-8 Saat Cuaca Ekstrem Dengan Menggunakan Metode Grayscale Thermal Image Dan Neural Network Backpropagation

inframerah yang dapat dideteksi oleh sensor satelit. Awan Cumulonimbus yang memiliki puncak awan sangat tinggi akan menunjukkan suhu yang sangat rendah pada citra inframerah, sehingga dapat dibedakan dari jenis awan lainnya atau kondisi cuaca cerah. Untuk proses klasifikasi, digunakan metode Artificial Neural Network (ANN) dengan algoritma Backpropagation yang telah terbukti efektif dalam mengenali pola kompleks pada data citra satelit meteorologi.

Dalam penelitian ini membahas rumusan bagaimana hasil akurasi klasifikasi awan cumulonimbus yang dihasilkan menggunakan metode grayscale thermal image dan neural network backpropagation mengalami peningkatan dibandingkan dengan menggunakan metode neural network backpropagation tanpa proses metode Grayscale Thermal Image.

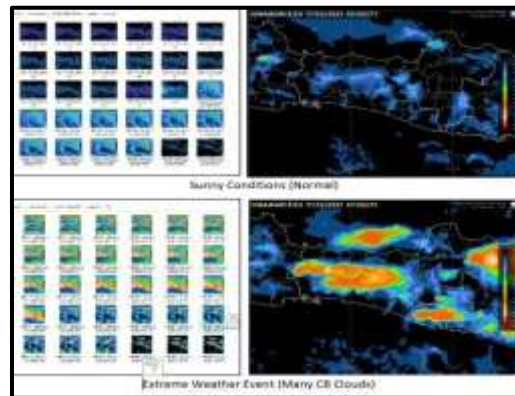
Berdasarkan permasalahan pada penelitian ini maka didapatkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan nilai akurasi pada proses klasifikasi citra awan cumulonimbus pada citra satelit himawari-8 dengan menggabungkan metode grayscale thermal image dan jaringan neural backpropagation. Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah signifikan dan aplikatif. Pertama, penelitian ini dapat membantu masyarakat melalui deteksi dini awan Cumulonimbus, sehingga memungkinkan kesiapsiagaan yang lebih baik dalam menghadapi cuaca ekstrem dan pada akhirnya berpotensi mengurangi kerugian material maupun korban jiwa. Kedua, secara akademis, penelitian ini memberikan informasi dan studi spesifik tentang deteksi dini awan Cumulonimbus menggunakan data Satelit Himawari-8, dengan fokus wilayah di Provinsi Jawa Tengah, Indonesia, yang dapat menjadi referensi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang ini. Terakhir, penelitian ini diharapkan dapat menjadi alat bantu bagi Prakirawan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dalam menganalisis data satelit, sehingga meningkatkan akurasi dan kecepatan dalam memberikan informasi Peringatan Dini Cuaca Ekstrem kepada publik setiap harinya.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

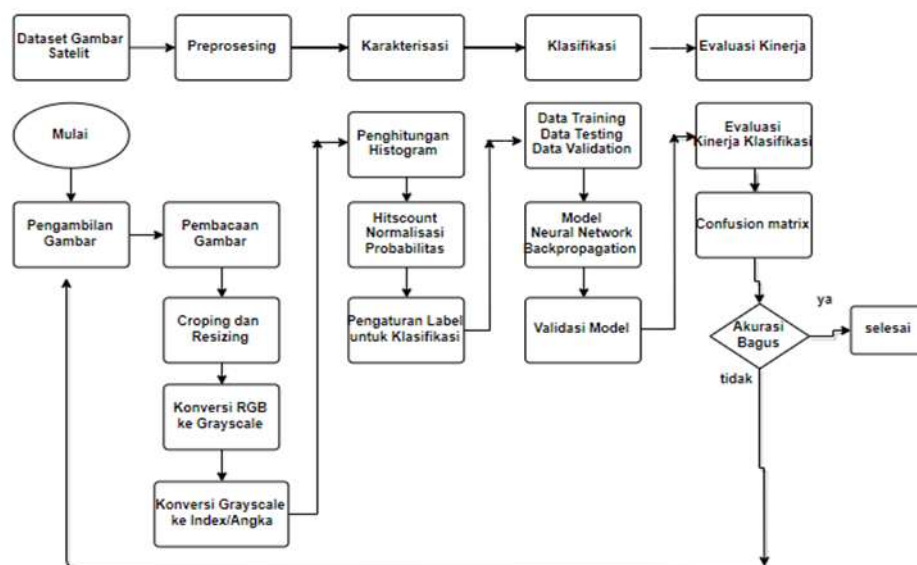
Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah gambar satelit yang diambil dari Satelit Himawari-8 Enhanced. Suhu puncak awan yang diamati melalui radiasi pada panjang gelombang 10.4 mikrometer ditunjukkan pada produk Himawari-8 Enhanced. Suhu yang lebih rendah ditunjukkan dengan warna hitam atau biru, yang menunjukkan tidak ada pembentukan awan yang banyak (cerah), dan suhu yang lebih rendah ditunjukkan dengan warna yang lebih jingga atau merah, yang menunjukkan pertumbuhan awan yang signifikan dan kemungkinan terbentuknya awan Cumulonimbus. Data yang dikumpulkan untuk penelitian ini terdiri dari gambar satelit from kondisi normal (cerah), serta gambar yang tidak normal atau dengan banyak awan cumulonimbus. Data awal terdiri dari tiga puluh gambar kondisi normal dan tiga puluh gambar kondisi tidak normal, yang menunjukkan banyaknya awan Cumulonimbus.

Peningkatan Akurasi Klasifikasi Awan Cumulonimbus Dari Satelit Himawari-8 Saat Cuaca Ekstrem Dengan Menggunakan Metode Grayscale Thermal Image Dan Neural Network Backpropagation



Gambar 1. Dataset Citra Satelit
Sumber: BMKG (2021)

Metode Yang Diusulkan



Gambar 2. Metode yang Diusulkan
Sumber: Hasil penelitian (2021)

Proses dimulai dengan pengambilan gambar yang mempunyai ekstensi .PNG dalam folder yang ditentukan. Setiap gambar kemudian dibaca dalam format RGB. Selanjutnya, dilakukan proses preprocessing pada gambar seperti melakukan cropping dan mengubah ukuran gambar untuk mengambil bagian yang relevan dan mengkonversinya menjadi grayscale thermal image. Selanjutnya didapatkan konversi ke data indeks berupa angka, selanjutnya dilakukan karakterisasi dengan Histogram untuk mendapatkan distribusi suhu.

Proses berikutnya adalah ekstraksi fitur. Dalam hal ini, dilakukan perhitungan histogram normalisasi dan histogram probabilitas dari gambar. Selanjutnya, melakukan pelabelan pada data yang terdapat cumulonimbus dan yang tidak. Setelah itu, dilakukan pembentukan dataset. Data dari kedua set gambar (normal dan CB) digabungkan menjadi satu dataset. Selain itu, array label juga dibuat untuk menandai setiap data sebagai normal atau CB. Label-label tersebut juga digabungkan menjadi satu array.

Langkah terakhir adalah pelatihan dan pengujian model. Model neural network dibuat menggunakan patternet. Model tersebut dilatih dengan menggunakan data fitur dan label yang

Peningkatan Akurasi Klasifikasi Awan Cumulonimbus Dari Satelit Himawari-8 Saat Cuaca Ekstrem Dengan Menggunakan Metode Grayscale Thermal Image Dan Neural Network Backpropagation

telah dibentuk sebelumnya. Setelah pelatihan selesai, dilakukan evaluasi terhadap kinerja klasifikasi menggunakan confusion matrix sehingga didapatkan akurasi yang terbaik.

Dengan demikian, metode yang diusulkan menggambarkan proses umum dari pengambilan gambar, preprocessing, karakterisasi (ekstraksi fitur), klasifikasi (pengolahan data, pembentukan dataset, serta pelatihan dan pengujian model) serta evaluasi kinerja klasifikasi.

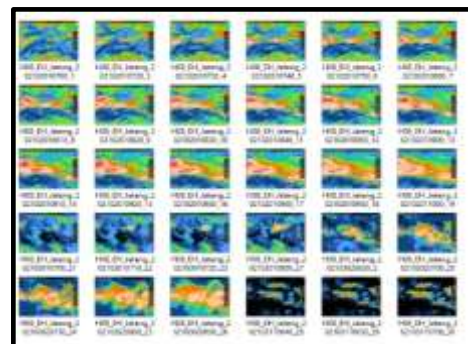
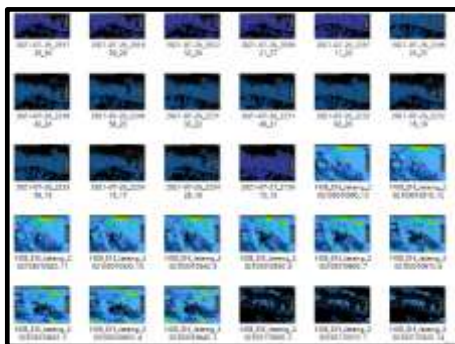
Evaluasi

Dalam Evaluasi kinerja klasifikasi dalam penelitian ini menitikberatkan pada peningkatan klasifikasi awan cumulonimbus dari satelit himawari-8 yang menggunakan metode grayscale thermal image dan metode neural network backpropagation. Hasil akurasi yang didapat akan dibandingkan dengan nilai akurasi yang didapatkan dengan metode tanpa menggunakan grayscale thermal image. Sehingga nantinya didapatkan peningkatan nilai akurasi dari metode sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Yang Digunakan

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit cuaca Himawari Enhanced daerah Jawa Tengah yang diambil dari website BMKG. Dataset citra satelit tersebut berupa file dengan format PNG yang diambil antara bulan Februari sampai dengan Juli 2021. Penelitian ini menggunakan 30 data Citra Satelit awan cumulonimbus dan 30 data citra satelit saat normal yang tidak terdapat awan cumulonimbus. Jadi total digunakan dataset citra sebanyak 60 buah.



Gambar 3. Dataset Citra Tidak Ada Awan CB

Gambar 4. Dataset Citra Awan CB

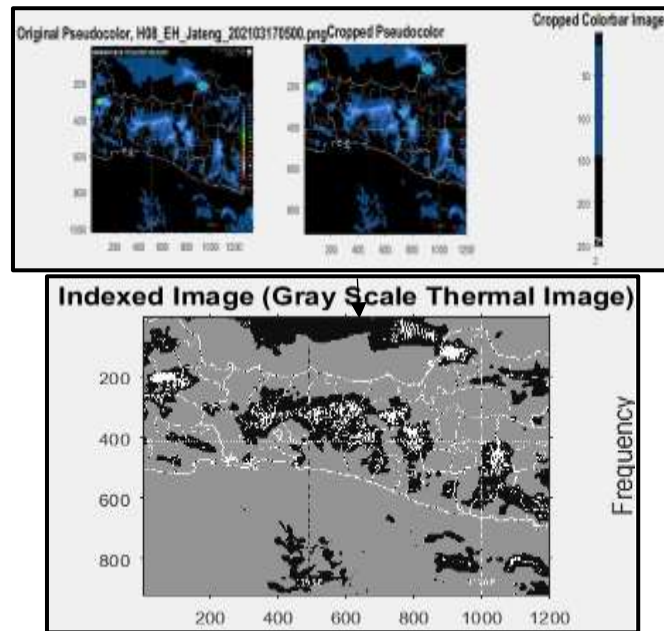
Sumber: BMKG (2021)

Hasil Preprocessing

Preprocessing Citra Kondisi Cerah (Tanpa Cumulonimbus)

Data Citra yang digunakan berupa sampel salah satu citra awan kondisi normal atau cerah tanggal 17 Maret 2021 Jam 12.00 WIB.

Peningkatan Akurasi Klasifikasi Awan Cumulonimbus Dari Satelit Himawari-8 Saat Cuaca Ekstrem Dengan Menggunakan Metode Grayscale Thermal Image Dan Neural Network Backpropagation



Gambar 5. Image Processing Citra Kondisi Cerah
 Sumber: Hasil pengolahan Matlab (2021)

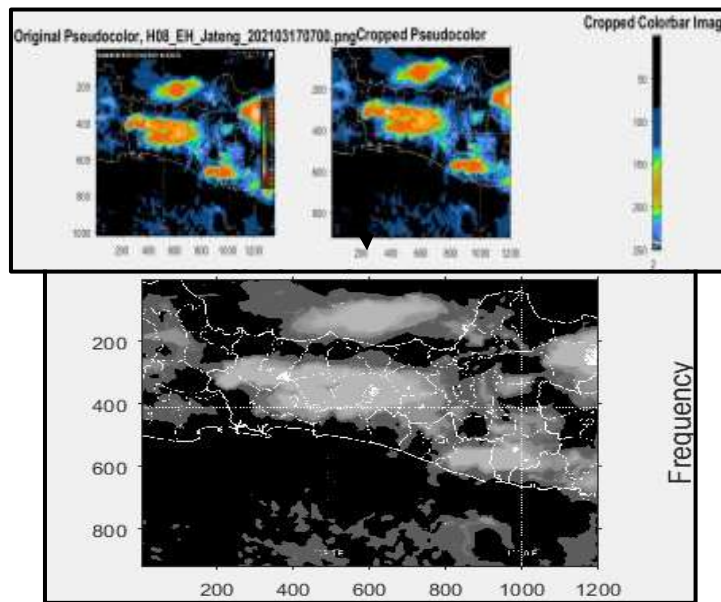
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.0000	0	0.0010-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.0000-04	0	0.0011	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.0000-00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0.0110	0	0	0	0.0740	0	0.0070	0.0030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0.0010	0.0010	0.0170	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0.0004	0.0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0.0014	0.0010	0.0114	0.0010	0.0000	0.0070	0.0000	0.0000	0	0	0.0000	0.0070
9	0.0010	0.0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0.0100	0.0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0.0000-04	0.0000	0.0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0.0000	0.0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0.0010	0.0000	0.0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0.0000-05	0	0.0010	0	0.0000	0	0.0000-04	0	0.0000	0	0	0
15	0.0000-00	0.0000-00	0.0010	0.0000	0.0000-04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	0
16	0.0070	0.0000	0.0070	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0.0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0.0000	0	0	0	0	0.0000	0	0.0000	0	0	0	0
19	0.0000	0	0	0	0	0	0.0000-04	0.0000	0	0	0	0
20	0.0070	0	0	0	0	0	0.0000	0	0	0	0	0

Gambar 6. Dataset Konversi Grayscale Thermal Image Cuaca Cerah ke Digital Number
 Sumber: Hasil pengolahan Matlab (2021)

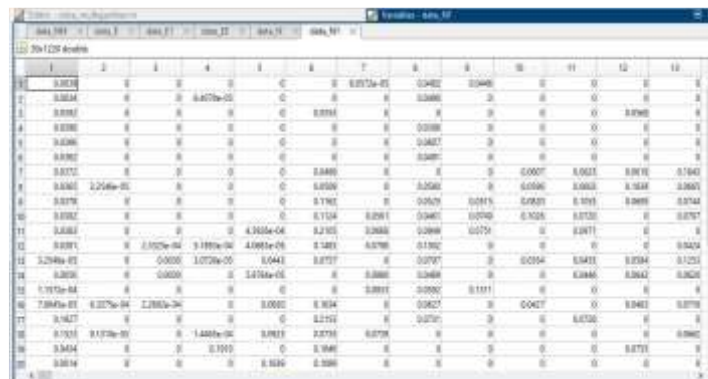
Preprocessing Citra Kondisi Cerah (Tanpa Cumulonimbus)

Data Citra yang digunakan berupa sampel salah satu citra awan kondisi banyak awan cumulonimbus saat kondisi cuaca ekstrem tanggal 17 Maret 2021 Jam 14.00 WIB.

Peningkatan Akurasi Klasifikasi Awan Cumulonimbus Dari Satelit Himawari-8 Saat Cuaca Ekstrem Dengan Menggunakan Metode Grayscale Thermal Image Dan Neural Network Backpropagation



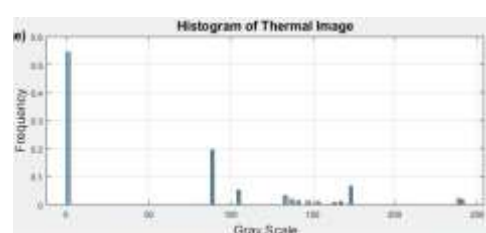
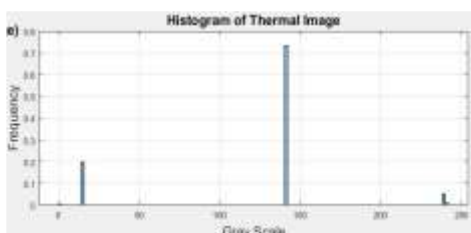
Gambar 8. Image Processing Citra Kondisi Banyak tumbuh CB
 Sumber: Hasil pengolahan Matlab (2021)



Gambar 9. Dataset Konversi Grayscale Thermal Image Awan CB ke Digital Number
 Sumber: Hasil pengolahan Matlab (2021)

Hasil Proses Karakterisasi

Dalam penelitian ini menggunakan metode Histogram dalam karakterisasi data citra satelit. Setelah serangkaian image processing di aplikasi Matlab dihasilkan 60 Histogram yang terdiri dari 30 Histogram dari citra satelit kondisi normal dan 30 Histogram dari citra satelit kondisi terdapat awan CB. Gambar berikut adalah 2 buah sampel histogram tersebut.

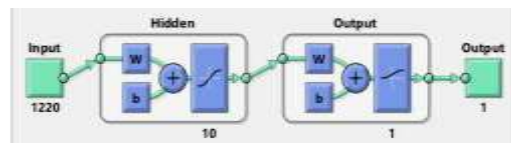


Gambar 10. Histogram Kondisi Normal Gambar 11. Histogram Terdapat Awan CB
 Sumber: Hasil pengolahan Matlab (2021)

Peningkatan Akurasi Klasifikasi Awan Cumulonimbus Dari Satelit Himawari-8 Saat Cuaca Ekstrem Dengan Menggunakan Metode Grayscale Thermal Image Dan Neural Network Backpropagation

Hasil Proses Klasifikasi

Proses pembelajaran Multilayer Perceptron dengan menggunakan algoritma backpropagation secara arsitektur dapat digambarkan pada gambar dibawah.



Gambar 12. Kerangka Neural Network di Training Tool

Sumber: Hasil pengolahan Matlab (2021)

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 12 arsitektur Neural Network Multilayer Perceptron dengan menggunakan algoritma backpropagation yang dibangun memiliki 1200 masukan/input, 1 lapisan tersembunyi/ hidden layer yang terdiri dari 10 hidden neuron serta 1 keluaran/output. Hasil simulasi Neural Network setelah dijalankan di aplikasi Matlab diperoleh 5 simulasi terbaik dengan tingkat akurasi diatas 90 persen yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Simulasi Artificial Neural Network Evaluasi Kinerja Terbaik

No.	Akurasi	Confusion Perform	Iterasi	Gradien
1	0.983	0.672	20	0.0795
2	0.967	0.972	35	0.0019
3	0.967	0.8	33	0.0217
4	0.967	0.344	26	0.1019
5	0.950	0.865	35	0.0265

Sumber: Hasil penelitian (2021)

Akurasi tertinggi klasifikasi ANN terjadi pada simulasi Nomer 1. Dapat dikatakan bahwa iterasi yang lebih banyak tidak jaminan dapat membantu jaringan lebih optimal sehingga ANN tidak kehilangan sifat generalitasnya (lost of generalization). Generalitas adalah kemampuan ANN untuk memberikan jawaban yang benar atau mengenali data-data yang tidak dilatihkan. Namun dalam beberapa kasus mungkin penambahan iterasi yang lebih banyak kadang memperoleh akurasi yang lebih tinggi, namun itu juga bukan merupakan jaminan tingkat akurasi pasti lebih tinggi karena ANN sering mengalami fenomena overfitting karena overtrained.

Hasil Evaluasi Klasifikasi

1. Confusion Matrix

Hasil perhitungan accuracy, presisi, recall dan F1-score untuk seluruh simulasi disajikan dalam Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, rata-rata nilai accuracy untuk seluruh percobaan bernilai 92.98%. Untuk presisi nilai rata rata dari seluruh simulasi sebesar 96.01 %, untuk recall nilai rata ratanya sebesar 89.50%, sedangkan rata-rata untuk nilai F1-score sebesar 91.90%.

Tabel 2. Perhitungan Confusion Matrix Masing Masing Data

Nilai (%)	Evaluasi Kinerja Terbaik 1		
	Data Training	Data Validasi	Data Testing
Akurasi	100	88.9	100
Presisi	100	75.0	100

Peningkatan Akurasi Klasifikasi Awan Cumulonimbus Dari Satelit Himawari-8 Saat Cuaca Ekstrem Dengan Menggunakan Metode Grayscale Thermal Image Dan Neural Network Backpropagation

Recall	100	100	100
F1 Score	100	85.7	100
Nilai (%)	Evaluasi Kinerja Terbaik 2		
	Data Training	Data Validasi	Data Testing
Akurasi	100	88.9	88.9
Presisi	100	100	100
Recall	100	66.7	100
F1 Score	100	88.8	89.8
Nilai (%)	Evaluasi Kinerja Terbaik 3		
	Data Training	Data Validasi	Data Testing
Akurasi	100	88.9	89.9
Presisi	100	100	100
Recall	100	100	100
F1 Score	100	88.8	89.9
Nilai (%)	Evaluasi Kinerja Terbaik 4		
	Data Training	Data Validasi	Data Testing
Akurasi	100	88.9	88.8
Presisi	100	75.0	100
Recall	100	100	83.3
F1 Score	100	90.9	90.9
Nilai (%)	Evaluasi Kinerja Terbaik 5		
	Data Training	Data Validasi	Data Testing
Akurasi	100	88.9	77.8
Presisi	100	75.0	100
Recall	100	100	100
F1 Score	100	85.7	75.0

Sumber: Hasil penelitian (2021)

Tabel 3. Nilai Akurasi Klasifikasi

Nilai (%)	Data Training	Data Validating	Data Testing
Akurasi 1	100	88.9	100
Akurasi 2	100	88.9	88.9
Akurasi 3	100	88.9	88.9
Akurasi 4	100	88.9	77.8
Akurasi 5	100	88.9	88.9
Rata-rata	100	88.9	91.7

Sumber: Hasil penelitian (2021)

Dari tabel 3 diatas dapat disimpulkan dengan menggunakan metode grayscale thermal image dan neural network backpropagation didapat bahwa nilai rata rata akurasi untuk Training Confusion Matrix sebesar 100%, Validating Confusion Matrix sebesar 88.90%, dan Testing Confusion Matrix sebesar 91.70%

2. Perbandingan Metode Klasifikasi Menggunakan Grayscale Thermal Image dengan Metode Tanpa Grayscale Thermal.

Disini peneliti juga melakukan ujicoba dengan metode konvensional yaitu melakukan klasifikasi awan cumulonimbus menggunakan citra satelit himawari-8 dengan metode neural network backpropagation tanpa menggunakan metode grayscale thermal image. Jadi citra RGB dari Satelit tidak diubah dulu menjadi citra grayscale kemudian dilakukan proses klasifikasi. Berikut adalah hasil 5 akurasi terbaik yang didapat setelah program dijalankan:

Peningkatan Akurasi Klasifikasi Awan Cumulonimbus Dari Satelit Himawari-8 Saat Cuaca Ekstrem Dengan Menggunakan Metode Grayscale Thermal Image Dan Neural Network Backpropagation

Tabel 4. Nilai Akurasi Klasifikasi Tanpa Metode Grayscale Thermal Image

Nilai Akurasi	Training (%)	Validating (%)	Testing (%)
Akurasi 1	90.5	88.9	88.9
Akurasi 2	100	88.9	77.8
Akurasi 3	97.6	66.7	88.9
Akurasi 4	95.2	88.9	88.9
Akurasi 5	100	88.9	55.6
Rata-rata	96.6	84.46	80.02

Sumber: Hasil penelitian (2021)

Dari tabel 4 diatas dapat disimpulkan bahwa tanpa Metode Grayscale Thermal Image didapat nilai rata rata akurasi untuk *Training Confusion Matrix* sebesar 96.6%, *Validating Confusion Matrix* sebesar 84.46%, dan *Testing Confusion Matrix* sebesar 80.01%. Dari hasil diatas dapat kita bandingkan untuk nilai akurasi masing-masing metode adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Perbandingan Nilai Akurasi

Nilai Akurasi	Data Training (%)	Data Validasi (%)	Data Testing (%)
Tanpa Metode Grayscale	96.6	84.46	80.02
Metode Grayscale Thermal	100	88.9	91.7

Sumber: Hasil penelitian (2021)

Dari tabel 5 diatas dapat disimpulkan bahwa terdapat peningkatan nilai akurasi dengan metode grayscale thermal image. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan akurasi yang signifikan ketika menggunakan metode Grayscale Thermal Image dibandingkan dengan metode konvensional. Peningkatan ini dapat dijelaskan melalui beberapa aspek fundamental terkait karakteristik spektral awan Cumulonimbus dan proses pengolahan citra. Pertama, dari perspektif fisika atmosfer, awan Cumulonimbus memiliki karakteristik unik berupa puncak awan yang sangat tinggi dengan suhu sangat rendah (umumnya $< -50^{\circ}\text{C}$). Pada citra inframerah termal, perbedaan suhu ini menciptakan kontras yang jelas antara awan Cb dengan jenis awan lain atau kondisi cerah. Metode Grayscale Thermal Image secara efektif mengkonversi informasi suhu tiga dimensi (RGB) menjadi satu dimensi (grayscale) yang lebih merepresentasikan gradien termal, sehingga memudahkan Neural Network dalam mempelajari pola pembeda antara kelas Cb dan non-Cb.

Kedua, dari aspek pemrosesan citra, konversi ke grayscale thermal mengurangi kompleksitas data input dari tiga kanal warna (RGB) menjadi satu kanal intensitas yang merepresentasikan informasi suhu. Reduksi dimensi ini tidak hanya mempercepat proses komputasi, tetapi juga mengeliminasi noise atau informasi yang kurang relevan dari kanal warna, sehingga Neural Network dapat fokus pada fitur yang paling diskriminatif yaitu distribusi suhu (Abdillah & Suwarno, 2016; Ayodele A et al., 2012; Gorunescu, 2011; Putra & Lursinsap, 2014; Weng et al., 2010).

Ketiga, peningkatan paling signifikan terjadi pada data testing (dari 80.02% menjadi 91.7%), dengan selisih 11.68%. Hal ini mengindikasikan bahwa metode Grayscale Thermal Image meningkatkan kemampuan generalisasi model. Generalisasi yang baik menunjukkan bahwa model tidak hanya menghafal pola pada data training, tetapi benar-benar mempelajari karakteristik intrinsik awan Cumulonimbus yang dapat diterapkan pada data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Peningkatan Akurasi Klasifikasi Awan Cumulonimbus Dari Satelit Himawari-8 Saat Cuaca Ekstrem Dengan Menggunakan Metode Grayscale Thermal Image Dan Neural Network Backpropagation

Keempat, karakterisasi menggunakan histogram pada citra grayscale thermal menghasilkan distribusi intensitas yang lebih informatif. Histogram citra Cb menunjukkan konsentrasi piksel pada nilai intensitas tinggi (mendekati 255) yang merepresentasikan suhu sangat rendah, sedangkan histogram kondisi cerah menunjukkan distribusi yang lebih merata atau cenderung ke nilai intensitas rendah. Perbedaan pola histogram ini menjadi fitur yang sangat kuat untuk proses klasifikasi oleh Neural Network.

Kelima, dari perspektif pembelajaran mesin, akurasi training yang mencapai 100% dengan metode Grayscale Thermal Image menunjukkan bahwa model dapat mempelajari pola training data dengan sempurna. Namun, yang lebih penting adalah akurasi validasi (88.9%) dan testing (91.7%) yang juga tinggi, mengindikasikan tidak terjadi overfitting yang signifikan. Ini berbeda dengan metode tanpa Grayscale Thermal Image yang menunjukkan gap lebih besar antara akurasi training (96.6%) dan testing (80.02%), mengindikasikan kemungkinan overfitting.

Dengan demikian, kombinasi metode Grayscale Thermal Image dan Neural Network Backpropagation terbukti efektif meningkatkan akurasi klasifikasi awan Cumulonimbus dengan memanfaatkan informasi termal secara optimal dan meningkatkan kemampuan generalisasi model untuk aplikasi deteksi dini cuaca ekstrem.

KESIMPULAN

Sistem klasifikasi pada awan cumulonimbus dibangun dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan backpropagation. Model jaringan syaraf tiruan yang digunakan adalah model multilayer perceptron dengan 1220 neuron pada lapisan input, 10 neuron pada hidden layer, dan 1 neuron pada lapisan output. Tahapan awal penelitian yaitu membagi data dalam tiga data yaitu data training, data validation, dan data testing. Kinerja diagnostik system jaringan syaraf tiruan dievaluasi menggunakan analisis Confusion Matrix untuk mengetahui tingkat accuracy, presision, recall dan F1 score. Nilai akurasi yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan hasil akurasi yang didapat tanpa menggunakan metode grayscale thermal image. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa klasifikasi awan cumulonimbus dari satelit Himawari-8 yang menggunakan metode neural network backpropagation dan metode grayscale thermal image mendapatkan hasil yang lebih baik dibandingkan yang tidak menggunakan metode grayscale thermal image. Dimana Masing-masing nilai akurasi data training, data validating dan data testing yang didapat meningkat dari 96.6%, 84.46% dan 80.02 menjadi 100%, 88.9% dan 91.7%.

REFERENSI

- Abdillah, A. A., & Suwarno. (2016). Diagnosis of Diabetes Using Support Vector Machines with Radial Base Function Kernels. *International Journal of Technology*, 5, 849–858.
- Afifah, Indrabayu, Suyuti, A., & Syafaruddin. (2023). Improving The Image Quality Of Grayscale Thermal Images Taking From Photovoltaic Panel With Contrast Enhancement Method. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 19(1), 197–212. <https://doi.org/10.24507/ijicic.19.01.197>
- Akbar, & Prajitno, P. (2023). Cumulonimbus cloud prediction using Artificial Neural Network (ANN) based on Grey Wolf Optimizer (GWO). *AIP Conference Proceedings*, 2619, 050006-1-050006–050008. <https://doi.org/10.1063/5.0122544>
- Ayodele, A. A., Charles, K. A., Marion, O. A., & Sunday, O. O. (2012). Stock Price Prediction using Neural Network with Hybridized Market Indicators. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 3(1), 1–9.

Peningkatan Akurasi Klasifikasi Awan Cumulonimbus Dari Satelit Himawari-8 Saat Cuaca Ekstrem Dengan Menggunakan Metode Grayscale Thermal Image Dan Neural Network Backpropagation

- Chen, P., Pang, J., Zheng, X., Lu, Z., Li, G., & Guan, X. (2019). Estimating tropical cyclone intensity by satellite imagery utilizing convolutional neural networks. *Weather and Forecasting*, 34(2), 447–465. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-18-0136.1>
- Dorfman, R. (2018). Spatio-Temporal Detection of Cumulonimbus Clouds in Infrared Satellite Images. ICSEE International Conference on the Science of Electrical Engineering.
- Giffard-Roisin, S., Yang, M., Charpiat, G., Kumler Bonfanti, C., Kégl, B., & Monteleoni, C. (2020). Tropical cyclone track forecasting using fused deep learning from aligned reanalysis data. *Frontiers in Big Data*, 3, 1. <https://doi.org/10.3389/fdata.2020.00001>
- Goni, I., Malgwi, Y. M., & Ahmadu, A. S. (2023). Satellite image enhancement using histogram equalization. *Electrical Science & Engineering*, 5(1), 9-20. <https://doi.org/10.30564/ese.v5i1.5234>
- Gorunescu, F. (2011). *Data mining: concepts and techniques*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-19721-5>
- Li, Z., Shen, H., Li, H., Xia, G., Gamba, P., & Zhang, L. (2017). Multi-feature combined cloud and cloud shadow detection in GaoFen-1 wide field of view imagery. *Remote Sensing of Environment*, 191, 342-358. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.01.026>
- Liu, Y., Racah, E., Prabhat, Correa, J., Khosrowshahi, A., Lavers, D., Kunkel, K., Wehner, M., & Collins, W. (2016). Application of deep convolutional neural networks for detecting extreme weather in climate datasets. *arXiv preprint arXiv:1605.01156*. <https://arxiv.org/abs/1605.01156>
- Liu, Y., Xi, D. G., Li, Z. L., & Shi, C. X. (2014). Automatic tracking and characterization of cumulonimbus clouds from FY-2C geostationary meteorological satellite images. *Advances in Meteorology*, 2014, Article 478419. <https://doi.org/10.1155/2014/478419>
- Mahajan, S., & Fataniya, B. (2019). Cloud detection methodologies: Variants and development - A review. *Complex & Intelligent Systems*, 6, 251-261. <https://doi.org/10.1007/s40747-019-00128-0>
- Mehmood, K., Iqbal, M., Ullah, F., Abrar, M., Baik, S. W., & Alturki, R. (2022). Remote sensing image classification: A comprehensive review and applications. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, Article 5880959. <https://doi.org/10.1155/2022/5880959>
- Müller, Haussler, S., & Jerg, M. (2018). The role of NWP filter for the satellite based detection of cumulonimbus clouds. *Remote Sensing (Basel)*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/rs10030386>
- Nie, L., Chen, Y., & Zhang, D. (2025). All-day cloud property and occurrence probability dataset based on satellite remote sensing data. *Scientific Data*, 12, 387. <https://doi.org/10.1038/s41597-025-04659-9>
- Putra, & Lursinsap, C. (2014). Cumulonimbus Prediction Using Artificial Neural Network Backpropagation With Radiosonde Indeces. Seminar Nasional Penginderaan Jauh.
- Shao, Z., Pan, Y., Diao, C., & Cai, J. (2019). Cloud detection in remote sensing images based on multiscale features-convolutional neural network. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57(6), 4062-4076. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2018.2889677>
- Sitompul, S., Suwilo, S., & Zarlis, M. (2020). Supervised Image Classification of Chaos Phenomenon in Cumulonimbus Cloud Using Spectral Angle Mapper. *International Journal On Advanced Science Engineering Information Technology*, 10(3).
- Sommer, K., Brunet, R., & Kabalan, W. (2025). Infrared radiometric image classification and segmentation of cloud structures using a deep-learning framework from ground-based infrared thermal camera observations. *Atmospheric Measurement Techniques*, 18, 2083-2101. <https://doi.org/10.5194/amt-18-2083-2025>

Peningkatan Akurasi Klasifikasi Awan Cumulonimbus Dari Satelit Himawari-8 Saat Cuaca Ekstrem Dengan Menggunakan Metode Grayscale Thermal Image Dan Neural Network Backpropagation

Weng, L. Y., Omar, J., Siah, Y. K., Ahmed, S. K., & Abidin, I. Z. (2010). Lightning forecasting using ANNBP & Radiosonde. *International Conference on Intelligent Computing and Cognitive Informatics*, 153–155.