

TESIS

**KLASIFIKASI CITRA SATELIT WILAYAH GUNUNG
SLAMET MENGGUNAKAN PENDEKATAN
ENSEMBLE LEARNING CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK**



Oleh :

Yulis Rijal Fauzan

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
23206051002
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
PROGRAM MAGISTER FAKULTAS SAINS DAN
TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA**

YOGYAKARTA

2025



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-173/Un.02/DST/PP.00.9/01/2025

Tugas Akhir dengan judul : Klasifikasi Citra Satelit Gunung Slamet Menggunakan Pendekatan Ensemble Learning Convolutional Neural Network

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : YULIS RIJAL FAUZAN, S.T.
Nomor Induk Mahasiswa : 23206051002
Telah diujikan pada : Jumat, 17 Januari 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Prof. Dr. Ir. Shofwatul 'Uyun, S.T., M.Kom., IPM., ASEAN Eng.
SIGNED

Valid ID: 679242cb99376



Penguji I

Ir. Maria Ulfah Siregar, S.Kom., MIT., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 679341a6a66d4



Penguji II

Dr. Siti Mutmainah, S.Kom., M.Cs.
SIGNED

Valid ID: 6793438c2cbf1



Yogyakarta, 17 Januari 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 679353e1d3117

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yulis Rijal Fauzan
NIM : 23206051002
Jenjang : Magister
Program Studi : Informatika

Menyatakan bahwa naskah tesis ini secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali pada bagian-bagian yang dirujuk sumbernya.

Yogyakarta, 24 Januari 2025

Penulis,

A handwritten signature in black ink is written over a red and yellow postage stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'METERAL TEMPEL' and '77334AMX410002970'.

Yulis Rijal Fauzan

NIM: 23206051002

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yulis Rijal Fauzan
NIM : 23206051002
Jenjang : Magister
Program Studi : Informatika

Menyatakan bahwa naskah tesis ini secara keseluruhan benar-benar bebas dari plagiasi. Jika di kemudian hari terbukti melakukan plagiasi, maka saya siap ditindak sesuai ketentuan hukum yang berlaku

Yogyakarta, 24 Januari 2025

Penulis,



Yulis Rijal Fauzan

NIM: 23206051002

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada :

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Di Yogyakarta

Assalamualaikum wr.wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka saya selaku pembimbing berpendapat bahwa tesis saudara :

Nama : Yulis Rijal Fauzan

NIM : 23206051002

Judul Tesis : Klasifikasi Citra Satelit Wilayah Gunung Slamet Menggunakan Pendekatan Ensemble Learning Convolutional Neural Network

Sudah dapat diajukan kepada program studi Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Informatika. Dengan ini saya mengharap agar tugas akhir tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya saya ucapkan terimakasih.

Yogyakarta, Desember 2024

Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Shofwatul 'Uyun, S.T.,
M.Kom., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 198205112006042002

ABSTRAK

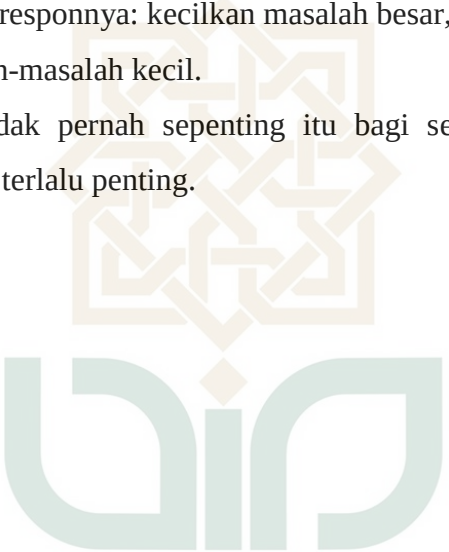
Gunung Slamet, salah satu gunung berapi aktif di Jawa Tengah, Indonesia, berada di tengah-tengah wilayah Kabupaten Banyumas. Sebagai salah satu daerah dengan potensi bencana alam, pemantauan dan klasifikasi tutupan lahan menjadi sangat penting untuk memahami penggunaan lahan yang berkelanjutan dan kesiapsiagaan terhadap risiko bencana. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tutupan lahan di wilayah tersebut menggunakan citra satelit Sentinel-2. Dataset penelitian terdiri dari 1.101 data berlabel yang terbagi ke dalam lima kelas: Hutan, Perumahan, Puncak, Sawah, dan Sungai. Tahapan penelitian mencakup pengumpulan data, preprocessing, augmentasi, pelatihan model, evaluasi model, dan analisis hasil. Prapemrosesan menggunakan *Multi-Scale Fusion* (MSF) untuk menghilangkan efek kabut (*dehazing*) dan *Guided Filter* untuk memperhalus citra (*smoothing*). Klasifikasi dilakukan dengan tiga arsitektur CNN: VGG-16, MobileNetV2, dan DenseNet121. Pendekatan *Ensemble Learning* diterapkan melalui *Hard Voting* dan *Soft Voting* untuk menggabungkan hasil prediksi dari ketiga model CNN, menghasilkan akurasi masing-masing sebesar 87,35% dan 88,14%. Penelitian ini menyoroti penanganan tantangan citra satelit di wilayah pegunungan yang berkabut dengan pendekatan prapemrosesan yang efektif serta penggabungan model CNN untuk meningkatkan performa klasifikasi pada dataset terbatas.

ABSTRACT

Mount Slamet, one of the active volcanoes in Central Java, Indonesia, is located in the Banyumas Regency area. As a region with potential natural disaster risks, land cover monitoring and classification are essential to understand sustainable land use and disaster preparedness. This study aims to classify land cover in the region using Sentinel-2 satellite imagery. The research dataset consists of 1,101 labeled data divided into five classes: Forest, Settlements, Summit, RiceField, and River. The research stages include data collection, preprocessing, augmentation, model training, model evaluation, and result analysis. Preprocessing was carried out using Multi-Scale Fusion (MSF) to remove haze and Guided Filter for image smoothing. Classification was performed using three CNN architectures: VGG-16, MobileNetV2, and DenseNet121. Ensemble Learning was applied using Hard Voting and Soft Voting to combine the predictions from the three CNN models, achieving accuracies of 87.35% and 88.14%, respectively. This study highlights the handling of satellite imagery challenges in mountainous areas using effective preprocessing methods and combining CNN models to improve classification performance on limited and imbalanced datasets.

MOTTO

1. Hidup adalah tentang pengendalian diri, bukan mengendalikan dunia; menerima apa yang tak bisa dikendalikan, dan respon dengan bijak hal yang bisa diusahaka.
2. Urgensi sebuah masalah hanya terletak pada bagaimana kita meresponnya: kecilkan masalah besar, dan hilangkan masalah-masalah kecil.
3. Kita tidak pernah sepenting itu bagi semesta: jangan merasa terlalu penting.



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur yang mendalam kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, petunjuk, dan kekuatan sehingga karya ini dapat terselesaikan dengan baik.

Karya ini dengan segenap rasa kuhaturkan kepada:

1. Teman hidup abadi, Iflahu Nisa, yang hadirnya adalah nada dalam irama langkah kaki, menciptakan harmoni dalam ritme yang tak pasti. Engkau menjadi alasan segala daya dan upaya, memberi keteguhan dalam setiap keputusan. Semoga segala yang kita lalui, menjadi kisah cinta abadi yang menginspirasi.
2. Kepada ayah dan ibu tercinta, Wahyu Susanto dan Siti Mukhlisoh, yang doa dan kasih sayangnya tak terhingga. Dari peluh pengorbanan hingga senyum kebanggaan, kalian adalah akar kekuatan. Semoga apa yang telah kutorehkan, menjadi wujud kecil bakti untuk cinta yang tak terbalaskan.
3. Kepada adikku tersayang, Elsa Rakhmanita, sahabat dalam setiap tawa dan pelipur lara di kala duka. Semoga hasil ini menjadi inspirasi yang membimbing langkahmu menuju mimpi besarmu.
4. Kepada dosen pembimbing yang bijaksana, Prof. Dr. Ir. Shofwatul 'Uyun, S.T., M.Kom., IPM., ASEAN Eng. Terima kasih atas bimbingan, kesabaran, dan ilmu yang tak ternilai. Setiap arahan dan nasihat Anda adalah lentera yang menerangi perjalanan ilmiah ini.

5. Almamater tercinta, UIN Sunan Kalijaga. Semoga karya ini, memberi sumbangsih kecil dalam budaya ilmiahmu, menjadi bagian dari warisan akademik yang menginspirasi generasi mendatang, dan mengukuhkan nama baikmu di ranah keilmuan.



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini dengan judul “Klasifikasi Citra Satelit Wilayah Gunung Slamet Menggunakan Multi-Scale Fusion dan Ensemble Learning Convolutional Neural Network”. Penelitian ini diajukan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi Magister pada Jurusan Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi besar Muhammad SAW, beserta keluarga, para sahabat, dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Alhamdulillah atas ridha Allah SWT dan bantuan dari berbagai pihak, tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu, dalam kesempatan ini saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Noorhaidi, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Bapak Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Ir. Sumarsono, S.T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

4. Prof. Dr. Ir. Shofwatul 'Uyun, S.T., M.Kom., IPM., ASEAN Eng selaku dosen pembimbing tesis yang telah dengan sabar memberikan arahan, bimbingan, serta saran selama proses penyusunan penelitian ini.
5. Dr. Ir. Bambang Sugiantoro, M.T., IPU., ASEAN Eng., selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa memberikan motivasi dan arahan selama masa perkuliahan.
6. Seluruh dosen Program Studi Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, yang telah dengan tulus berbagi ilmu dan wawasan selama saya menempuh pendidikan.

Semoga segala kebaikan yang diberikan dari semua pihak mendapatkan balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih banyak kekurangan, sehingga kritik dan saran yang membangun dari pembaca akan sangat penulis hargai. Akhir kata, penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 24 Januari 2025
Penulis,

Yulis Rijal Fauzan
NIM: 23206051002

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian.....	7
F. Sistematika Penulisan	7
BAB II LANDASAN TEORI.....	9
A. Kajian Pustaka	9
B. Landasan Teori	14
1. Klasifikasi.....	14
2. Algoritma <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN).....	15

2.1.	Arsitektur VGG-16.....	16
2.2.	Arsitektur MobileNetV2.....	18
2.3.	Arsitektur DenseNet121	20
3.	<i>Ensemble Learning</i>	22
3.1.	<i>Bagging (Bootstrap Aggregating)</i>	22
3.2.	<i>Boosting</i>	23
3.3.	<i>Stacking (Stacked Generalization)</i>	23
3.4.	<i>Voting</i>	24
4.	<i>Confusion Matrix</i>	26
5.	Tutupan Lahan.....	28
6.	Satelit Sentinel-2	29
7.	<i>Multi-Scale Fusion (MSF)</i>	30
8.	<i>Guided Filter</i>	31
BAB III METODE PENELITIAN		32
A.	Pengumpulan Data.....	33
B.	Pra-pemrosesan Data	35
C.	Augmentasi Data	35
D.	Pelatihan Model.....	36
E.	Evaluasi Model.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		38
A.	Hasil.....	38
1.	Pra-pemrosesan Data.....	38
2.	Augmentasi Data	40
3.	Klasifikasi VGG-16.....	40
4.	Klasifikasi MobileNetV2	42
5.	Klasifikasi DenseNet121.....	44
6.	Klasifikasi <i>Ensemble Learning</i>	46
B.	Pembahasan	49

BAB V PENUTUP	54
A. Kesimpulan.....	54
B. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....	56
LAMPIRAN-LAMPIRAN	64
CURRICULUM VITAE	73



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan Penelitian Sebelumnya	13
Tabel 2. Tabel Confusion Matrix	26
Tabel 3. Persebaran Data Setiap Kelas	35
Tabel 4. Distribusi Pembagian Dataset.....	36
Tabel 5. Persebaran Data Setelah Augmentasi	40
Tabel 6. Hasil Evaluasi Model	50



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Dasar CNN	16
Gambar 2. Arsitektur VGG-16	17
Gambar 3. Arsitektur MobileNetV2	19
Gambar 4. Arsitektur DenseNet121	21
Gambar 5. Konfigurasi Orbital Satelit Sentinel-2 Kembar ..	30
Gambar 6. Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 7. Pengambilan Citra Menggunakan Google Eart Engine	33
Gambar 8. Visualisasi kombinasi 3 kanal RGB	34
Gambar 9. Sampel Dataset	34
Gambar 10. Diagram Alir Model Klasifikasi	37
Gambar 11. Proses Dehazzing, (Atas) Sebelum (Bawah) Sesudah	39
Gambar 12. Proses Smoothing, (Atas) Sebelum (Bawah) Sesudah	39
Gambar 13. Grafik Augmentasi, (Kiri) Sebelum, (Kanan) Sesudah	40
Gambar 14. Classification Report VGG-16	41
Gambar 15. Confusion Matrix VGG-16	42
Gambar 16. Classification Report MobileNetV2	43
Gambar 17. Confusion Matrix MobileNetV2	44
Gambar 18. Classification Report DenseNet121	45
Gambar 19. Confusion Matrix DenseNet121	46
Gambar 20. Classification Report Hard Voting	47
Gambar 21. Classification Report Soft Voting	47
Gambar 22. Confusion Matrix Hard Voting	48

Gambar 23. Confusion Matrix Soft Voting49

Gambar 24. Perbandingan Performa Model51



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Source Code Java Unduh Citra Sentinel-2.....	64
Lampiran 2. Source Code Phyton MSF dan Guided Filter ..	64
Lampiran 3. Source Code Phyton Proses Augmentasi	67
Lampiran 4. Source Code Phyton Evalasi Model Ensemble	68



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gunung Slamet adalah salah satu dari gugusan gunung-gunung yang terletak di barat Indonesia, dalam rangkaian pegunungan di Pulau Jawa (Van Bemmelen, 1949). Gunung Slamet memiliki ketinggian mencapai 3.432 mdpl berada di wilayah administratif Kabupaten Pemalang, Brebes, Tegal, Banyumas, dan Purbalingga. Gunung Slamet memiliki letusan eksplosif lemah dan efusif yang cenderung kurang berbahaya bagi wilayah pertanian dan Settlements di sekitarnya (Maryanto et al., 2016). Hal ini menyebabkan lahan di sekitar gunung banyak dikonversi menjadi lahan pertanian dan Settlements untuk memenuhi kebutuhan sosial dan ekonomi masyarakat (Anissa et al., 2024). Penurunan luas lahan dan perubahan fungsi dapat mengakibatkan berkurangnya kapasitas penyerapan air, peningkatan risiko erosi, dan degradasi kesuburan tanah (Basuki et al., 2023). Gunung Slamet memiliki Hutan seluas 52.617 hektar, dengan wilayah terluas di Kabupaten Banyumas mencapai 9.887,6 hektar. Dalam periode 11 tahun dari 2008 hingga 2019, terjadi penyusutan lahan sekitar 913,96 hektar, atau sekitar 9,24% dari total luas Hutan.(Aprilia, 2020). Perubahan ini memerlukan pemantauan yang akurat untuk memahami dampaknya terhadap ekosistem dan penggunaan lahan.

Untuk memahami dinamika perubahan tutupan lahan diperlukan analisis yang akurat melalui klasifikasi citra satelit.

Teknik ini memungkinkan identifikasi dan pemetaan tutupan lahan berdasarkan karakteristik spektral (Jensen, 2015). Klasifikasi citra satelit adalah proses pengelompokan data ke dalam kategori tertentu berdasarkan karakteristik atau fitur tertentu. Metode ini dapat digunakan untuk memetakan tutupan lahan atau perubahan lingkungan berdasarkan nilai-nilai spektral piksel citra satelit, menggunakan algoritma berbasis *machine learning* atau *deep learning* (Fayaz et al., 2024)(Talukdar et al., 2020).

Deep learning merupakan pengembangan dari *Artificial Neural Network* (ANN) dengan jaringan yang lebih dalam dan kompleks. *Convolutional Neural Network* (CNN) adalah salah satu algoritma *deep learning* yang sering digunakan untuk analisis citra karena kemampuannya dalam mengenali pola atau objek dari data gambar besar (Daqiqil, 2021)(Kinasih & Hidayat, 2022). Proses ini melibatkan penguraian gambar menjadi fitur dasar seperti *edge* dan *blob* pada layer awal, lalu merepresentasikan pola yang lebih kompleks di layer berikutnya (Venkatesan & Li, 2017). Selanjutnya, *ensemble learning* dapat diterapkan untuk menggabungkan beberapa model *deep learning* guna membentuk model yang lebih kuat, dengan tujuan meningkatkan akurasi prediksi dan mengurangi risiko overfitting (Zhou, 2012).

Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tutupan lahan di wilayah Gunung Slamet, khususnya Kabupaten Banyumas, menggunakan citra satelit Sentinel-2. Dataset penelitian terdiri dari 1.101 data berlabel yang terbagi ke dalam lima kelas data. Sebelum klasifikasi, preprocessing

dilakukan menggunakan *Multi-Scale Fusion* (MSF) untuk menghilangkan efek kabut (*dehazing*) pada citra, menghasilkan citra yang lebih jernih dengan mempertahankan warna asli (Liu et al., 2024) dan *Guided Filter*, yang efektif untuk menghilangkan noise, meningkatkan kontras, dan mempertahankan detail tepi (*smoothing*) (He et al., 2013). Selanjutnya guna mengatasi tantangan ketidakseimbangan dataset dilakukan augmentasi data untuk memperluas variasi data pelatihan guna meningkatkan performa dan generalisasi model (Zhang et al., 2018).

Klasifikasi dilakukan melalui pendekatan *ensemble learning* dengan menggabungkan tiga arsitektur CNN: VGG-16, MobileNetV2, dan DenseNet. Ketiga arsitektur CNN dipilih karena kemampuannya menangani dataset berukuran relatif kecil. VGG-16 memungkinkan ekstraksi fitur kompleks melalui transfer learning yang kuat (Razavian et al., 2014). MobileNetV2 memiliki arsitektur efisien yang dapat beradaptasi dengan baik pada dataset terbatas (Sandler et al., 2018). DenseNet menunjukkan keunggulan dalam mengoptimalkan informasi fitur melalui koneksi dense antar layer, yang secara signifikan meningkatkan performa pada dataset kecil (Huang et al., 2017).

Untuk mendukung penelitian ini, tinjauan literatur disajikan untuk mengulas berbagai pendekatan klasifikasi citra satelit dan implementasi arsitektur CNN. Penelitian sebelumnya menunjukkan efektivitas CNN pada berbagai aplikasi klasifikasi tutupan lahan, tetapi penerapannya pada karakteristik lokal Gunung Slamet yang memiliki tantangan

kabut dan awan yang ada di area pegunungan tropis masih jarang dieksplorasi.

Penelitian oleh (Phan et al., 2022) mengimplementasikan Ensemble Learning Updating Classifier (ELUC) berbasis Random Forest pada citra satelit Landsat 8 untuk wilayah Delta Mekong, Vietnam, dengan akurasi 94,00%. Lalu ada (Du et al., 2023) menggunakan Ensemble Learning Stacking yang menggabungkan lima algoritma, termasuk KNN, SVM, dan RF, dengan akurasi tertinggi 96,93% untuk klasifikasi citra multispektral di Xinjiang, China. Penelitian lain oleh (Xu et al., 2023) yang melakukan klasifikasi citra satelit Sentinel-1 dan Sentinel-2 pada wilayah Hangzhou menggunakan *Ensemble Learning Voting* dengan hasil akurasi 81,60%. Di wilayah Qinghai, Tiongkok, (Li et al., 2024) melakukan klasifikasi tutupa lahan menggunakan satelit Sentinel-2 menggunakan *Ensemble Learning Boosting* dan *Stacking* dengan hasil akurasi tertinggi sebesar 91,47%. Sementara itu, (Shi et al., 2024) menerapkan 11 algoritma ensemble learning pada citra Gaofen 7 di Qinghai, Tibet, dengan hasil terbaik dari Hist Gradient Boosting, LightGBM, dan AdaBoost-DT mencapai lebih dari 93,30%.

Penghapusan kabut (dehazing) juga diterapkan dalam beberapa penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh (Phan et al., 2022) menggunakan Quality Assessment Band (QA Band) pada citra Landsat 8 untuk menghilangkan kabut, sementara (Xu et al., 2023) menggunakan *Quality Assessment Band (QA Band)* dari citra satelit Sentinel-2. Lalu ada (Shi et

al., 2024) yang mengaplikasikan metode *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes* (FLAASH) pada citra Gaofen 7 untuk menghapus awan.

Meskipun berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan keberhasilan klasifikasi citra satelit dengan algoritma tertentu, pendekatan algoritma CNN pada dataset dengan karakteristik lokal seperti di wilayah Gunung Slamet masih belum banyak dieksplorasi. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada penanganan citra satelit area pegunungan, pemodelan algoritma CNN untuk klasifikasi citra satelit dan pendekatan *ensemble learning* untuk meningkatkan kinerja klasifikasi.

B. Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh metode *Multi-Scale Fusion* dan *Guided Filter* terhadap peningkatan kualitas citra satelit wilayah Gunung Slamet?
2. Sejauh mana algoritma CNN dapat mengatasi tantangan klasifikasi citra satelit pada wilayah Gunung Slamet?
3. Bagaimana efektivitas *ensemble learning* dalam meningkatkan akurasi klasifikasi dengan menggabungkan ketiga model CNN?

C. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, penelitian ini memiliki beberapa batasan untuk memperjelas ruang lingkup dan fokus penelitian, yaitu:

1. Penelitian ini difokuskan pada wilayah Gunung Slamet di Kabupaten Banyumas.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit Sentinel-2 dengan kombinasi 3 kanal RGB.
3. Peningkatan kualitas citra dilakukan dengan metode Multi-Scale Fusion (MSF) dan Guided Filter untuk mengurangi pengaruh kabut dan awan.
4. Penelitian ini menggunakan tiga model CNN (VGG16, MobileNetV2, dan DenseNet121) yang digabungkan dengan pendekatan ensemble learning untuk meningkatkan akurasi klasifikasi.
5. Penelitian ini terbatas pada dataset citra satelit spesifik wilayah Gunung Slamet dengan 1101 data berlabel yang terbagi ke dalam lima kelas data yaitu: Hutan, Perumahan, Puncak, Sawah, dan Sungai.
6. Evaluasi model dilakukan menggunakan *Confusion Matrix* untuk melihat sejauh mana kinerja model tersebut.
7. Pendekatan *Ensemble Learning* yang digunakan adalah model *Soft Voting* dan *Hard Voting*.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh metode Multi-Scale Fusion (MSF) dan Guided Filter dalam meningkatkan kualitas citra satelit Sentinel-2, serta menganalisis kinerja metode ensemble learning yang menggabungkan tiga model *Convolutional Neural Network*

(CNN) dalam klasifikasi tutupan lahan wilayah Gunung Slamet, Kabupaten Banyumas.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Secara teoritis penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan tentang efektivitas kombinasi metode preprocessing (*Multi-Scale Fusion* dan *Guided Filter*) serta ensemble learning dalam meningkatkan kualitas citra satelit dan akurasi klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra satelit Sentinel-2.
2. Secara metodologis penelitian ini diharapkan dapat mendorong pengembangan metode klasifikasi citra satelit yang mengintegrasikan preprocessing berbasis MSF dan *Guided Filter* dengan pendekatan ensemble learning untuk meningkatkan performa klasifikasi.
3. Secara praktis penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk memantau perubahan tutupan lahan secara otomatis di kawasan Gunung Slamet, Kabupaten Banyumas, sekaligus mendukung pengambilan keputusan terkait alih fungsi lahan dengan hasil klasifikasi yang lebih akurat.

F. Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan penelitian ini disusun ke dalam beberapa bab untuk memudahkan pencarian informasi yang diperlukan dan untuk menunjukkan penyelesaian laporan

secara sistematis. Pembagian bab tersebut adalah sebagai berikut :

BAB I : Pendahuluan

Bab ini memberikan gambaran umum yang disusun oleh peneliti dalam pembuatan tesis ini, yang mencakup: latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : Landasan Teori

Bab ini menyajikan penjelasan dan pembahasan mendalam mengenai teori-teori yang relevan dengan penelitian ini, yaitu tentang Klasifikasi Tutupan Lahan Gunung Slamet di Kabupaten Banyumas Menggunakan *Ensemble Learning CNN (Convolutional Neural Network)* pada Citra Satelit Sentinel-2.

BAB III : Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan metode yang akan digunakan oleh peneliti dalam menyelesaikan permasalahan utama penelitian.

BAB IV : Hasil Dan Pembahasan

Bab ini memuat hasil evaluasi kinerja *Ensemble Learning CNN (Convolutional Neural Network)* dalam melakukan klasifikasi daerah tutupan lahan wilayah gunung Slamet di kabupaten Banyumas menggunakan citra satelit Sentinel-2.

BAB V : Penutup

Bab ini memberikan kesimpulan dan jawaban terhadap pertanyaan penelitian serta memberikan saran-saran untuk penelitian masa depan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Penelitian ini menggunakan metode ensemble learning untuk meningkatkan performa klasifikasi citra satelit, dengan memanfaatkan dataset Sentinel-2 beresolusi 64x64 piksel yang terdiri dari lima kelas data yaitu Hutan, Pemukiman, Puncak, Sawah, dan Sungai. Dataset yang digunakan berjumlah 1.101 citra. *Praprocessing* diterapkan menggunakan *Multi-Scale Fusion* (MSF) untuk menghilangkan efek kabut (*dehazing*) dan *Guide Filter* untuk memperhalus citra (*smoothing*). Hasil *praprocessing* terbukti dapat meningkatkan kualitas citra menjadi lebih jernih dan tidak lagi terdapat efek kabut pada dataset citra satelit. Berdasarkan analisis performa model VGG-16, MobileNetV2, DenseNet121 dan *Ensemble Learning* (*Soft Voting* dan *Hard Voting*) dalam mengklasifikasikan citra, menunjukkan bahwa *Soft Voting* memiliki performa terbaik dengan akurasi 88,14%, *precision* 88,22%, *recall* 88,14%, dan *F1-score* 87,49%. Namun, *Hard Voting* juga menunjukkan kinerja yang kompetitif dengan akurasi 87,35% dan *F1-score* 86,65%, menjadikannya alternatif yang kuat. Keunggulan *Soft Voting* terlihat dari keseimbangan nilai *precision* dan *recall* yang konsisten tinggi, sehingga cocok untuk digunakan dalam klasifikasi citra satelit dengan kebutuhan akurasi tinggi

B. Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, beberapa upaya yang dapat dilakukan adalah menyeimbangkan jumlah data pada setiap kelas melalui pengayaan dataset serta menambahkan metode klasifikasi lain, seperti *ensemble* berbasis *boosting* atau pendekatan berbasis *transformer*, guna mengeksplorasi potensi peningkatan akurasi dan stabilitas performa model.



DAFTAR PUSTAKA

- Anissa, A. C., Rini, E. F., & Soedwihajono, S. (2024). Analisis perbandingan perubahan tutupan lahan menggunakan Citra Satelit Landsat 8 di Kecamatan Tawangmangu. *Region : Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Partisipatif*, 19(1), 184. <https://doi.org/10.20961/region.v19i1.66929>
- Aprilia, B. (2020). *Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Kawasan Lindung Sekitar Gunung Slamet, Kabupaten Banyumas Tahun 2008 & 2019*. 2019–2020.
- Asokan, A., Anitha, J., Ciobanu, M., Gabor, A., Naaji, A., & Hemanth, D. J. (2020). Image processing techniques for analysis of satellite images for historical maps classification-An overview. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/app10124207>
- Basuki, Hermiyanto, B., & Budiman, S. A. (2023). *Identifikasi Dan Estimasi Kerusakan Tanah Dengan Metode Berbasis Obia Citra Satelit Sentinel-2b Dan Pembobotan Lereng Gunung Raung*. 11(1), 56–72. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v11i1.443>
- Bishop, C. M. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning* (1st ed.). Springer New York, NY.
- Breiman, L. (2001). *Random Forests*. *Machine Learning*. 12343 LNCS, 503–515. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62008-0_35
- Cao-Van, K., Minh, T. C., Minh, L. G., Quyen, T. T. B., &

- Tan, H. M. (2024). Soft-Voting Ensemble Model: An Efficient Learning Approach for Predictive Prostate Cancer Risk. *Vietnam Journal of Computer Science*, 11(4), 531–552. <https://doi.org/10.1142/S2196888824500155>
- Cao, D. (2020). A Literature Review of Voting Ensemble and Semi-supervised Learning. In *CEUR Workshop Proceedings* (Vol. 2657, Issue 1). Association for Computing Machinery.
- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. *Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 13-17-Aug, 785–794. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>
- Codruta, A., & Ancuti, C. (2013). Single Image Dehazing by Multi-Scale Fusion. *IEEE Transactions on Image Processing : A Publication of the IEEE Signal Processing Society*, 22. <https://doi.org/10.1109/TIP.2013.2262284>
- Congalton, R., & Green, K. (2019). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices, Third Edition*. <https://doi.org/10.1201/9780429052729>
- Daqiqil, I. (2021). *Machine Learning: Teori, Studi Kasus, dan Implementasi Menggunakan Phyton*.
- Du, H., Li, M., Xu, Y., & Zhou, C. (2023). An Ensemble Learning Approach for Land Use/Land Cover Classification of Arid Regions for Climate Simulation: A Case Study of Xinjiang, Northwest China. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and*

- Remote Sensing*, 16, 2413–2426.
<https://doi.org/10.1109/JSTARS.2023.3247624>
- ESA. (2020). *Sentinel-2 Mission (European Space Agency)*.
<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>
- Fayaz, M., Nam, J., Dang, L. M., Song, H., & Moon, H. (2024). *Land-Cover Classification Using Deep Learning with High-Resolution Remote-Sensing Imagery. Lc*, 1–15.
- Freund, Y., & Schapire, R. E. (1997). A Decision-Theoretic Generalization of On-Line Learning and an Application to Boosting. *Journal of Computer and System Sciences*, 55(1), 119–139. <https://doi.org/10.1006/jcss.1997.1504>
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). *Digital Image Processing*.
- Ha, J., Kambe, M., & Pe, J. (2011). Data Mining: Concepts and Techniques. In *Data Mining: Concepts and Techniques*. New York, NY: Pearson, 2016.
<https://doi.org/10.1016/C2009-0-61819-5>
- He, K., Sun, J., & Tang, X. (2013). Guided Image Filtering. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 35(6), 1397–1409.
<https://doi.org/10.1109/TPAMI.2012.213>
- Howard, A. G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., Andreetto, M., & Adam, H. (2017). *MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications*.
<https://arxiv.org/abs/1704.04861>
- Huang, G., Liu, Z., Van Der Maaten, L., & Weinberger, K. Q. (2017). *Densely Connected Convolutional Networks*.

- 2017 *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2261–2269.
<https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.243>
- Islam, R., & Shahjalal, M. A. (2019). Soft Voting-Based Ensemble Approach to Predict Early Stage DRC Violations. *2019 IEEE 62nd International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)*, 1081–1084. <https://doi.org/10.1109/MWSCAS.2019.8884896>
- Jensen, J. R. (2009). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Pearson Education.
https://books.google.co.id/books?id=ge_nwDX-HBEC
- Jensen, J. R. (2015). *INTRODUCTORY DIGITAL IMAGE PROCESSING A Remote Sensing Perspective*.
- Kinasih, C. A. S., & Hidayat, H. (2022). Ekstraksi Data Bangunan Dari Data Citra Unmanned Aerial Vehicle Menggunakan Metode Convolutional Neural Networks (CNN) (Studi Kasus: Desa Campurejo, Kabupaten Gresik). *Geoid*, 17(1), 81.
<https://doi.org/10.12962/j24423998.v17i1.10289>
- Lecun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015a). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444.
<https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Lecun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015b). Deep learning. *Nature*, 29(7553), 1–73. <http://deeplearning.net/>
- Li, R., Gao, X., & Shi, F. (2024). A Framework for Subregion Ensemble Learning Mapping of Land Use/Land Cover at the Watershed Scale. *Remote Sensing*, 16(20).
<https://doi.org/10.3390/rs16203855>

- Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (1994). *Remote Sensing and Image Interpretation*. Wiley.
<https://books.google.co.id/books?id=BU3uAAAAMAAJ>
- Liu, Q., Wang, B., Tan, S., Zou, S., & Ge, W. (2024). Remote Sensing Image Dehazing Using Multi-Scale Gated Attention for Flight Simulator. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E107.D(9), 1206–1218.
<https://doi.org/10.1587/transinf.2023EDP7191>
- Maryanto, I., Noerdjito, M., & Partomihardjo, T. (2016). *Ekologi Gunung Slamet* (Issue January 2012).
- Mitchell, H. B. (2007). Ensemble Learning. *Multi-Sensor Data Fusion*, 221–240. https://doi.org/10.1007/978-3-540-71559-7_13
- Phan, D. C., Trung, T. H., Truong, V. T., & Nasahara, K. N. (2022). Ensemble learning updating classifier for accurate land cover assessment in tropical cloudy areas. *Geocarto International*, 37(14), 4053–4070.
<https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1878292>
- Powers, D. M. W. (2011). *Evaluation: from precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation*. 37–63. <http://arxiv.org/abs/2010.16061>
- Razavian, A. S., Azizpour, H., Sullivan, J., & Carlsson, S. (2014). CNN Features Off-the-Shelf: An Astounding Baseline for Recognition. *2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, 512–519. <https://doi.org/10.1109/CVPRW.2014.131>
- Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., & Chen,

- L.-C. (2018). MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks. *2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 4510–4520. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00474>
- Santos, L. A., Ferreira, K. R., Camara, G., Picoli, M. C. A., & Simoes, R. E. (2021). Quality control and class noise reduction of satellite image time series. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 177(May), 75–88. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.04.014>
- Shi, F., Gao, X., Li, R., & Zhang, H. (2024). Ensemble Learning for the Land Cover Classification of Loess Hills in the Eastern Qinghai–Tibet Plateau Using GF-7 Multitemporal Imagery. In *Remote Sensing* (Vol. 16, Issue 14). <https://doi.org/10.3390/rs16142556>
- Shorten, C., & Khoshgoftaar, T. M. (2019). A survey on Image Data Augmentation for Deep Learning. *Journal of Big Data*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0197-0>
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2015). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015 - Conference Track Proceedings*, 1–14.
- Suhet, & Hoersch, B. (2015). *Sentinel-2 User Handbook*. European Space Agency (ESA).
- Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., Erhan, D., Vanhoucke, V., & Rabinovich, A. (2015). Going deeper with convolutions. *2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*

- (CVPR), 1–9.
<https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298594>
- Talukdar, S., Singha, P., Mahato, S., Shahfahad, Pal, S., Liou, Y.-A., & Rahman, A. (2020). *Land-Use Land-Cover Classification by Machine Learning Classifiers for Satellite Observations—A Review*.
- Ulfi, I. (2023). *Perubahan Tutupan Lahan Di Kecamatan Gedong Tataan Kabupaten Pesawaran*.
- Van Bemmelen, R. W. (1949). The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes. In *Government Printing Office, The Hague* (pp. 1–766).
- Venkatesan, R., & Li, B. (2017). Convolutional Neural Networks in Visual Computing: A Concise Guide. In *Taylor & Francis Group*.
- Wolpert, D. H. (1992). Stacked generalization. *Neural Networks*, 5(2), 241–259.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0893-6080\(05\)80023-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0893-6080(05)80023-1)
- Xu, S., Xiao, W., Ruan, L., Chen, W., & Du, J. (2023). Assessment of ensemble learning for object-based land cover mapping using multi-temporal Sentinel-1/2 images. *Geocarto International*, 38(1).
<https://doi.org/10.1080/10106049.2023.2195832>
- Yao, M., Miao, Q., & Hao, Q. (2017). *Image Dehazing Method Based on Multi-scale Feature Fusion*. 119(Essaeme), 2163–2166. <https://doi.org/10.2991/essaeme-17.2017.438>

- Zhang, H., Cisse, M., Dauphin, Y. N., & Lopez-Paz, D. (2018).
mixup: BEYOND EMPIRICAL RISK
MINIMIZATION. *Iclr, March*, 1–8.
- Zhou, Z.-H. (2012). *Ensemble Methods Foundations and Algorithms* (pp. 1–232).

