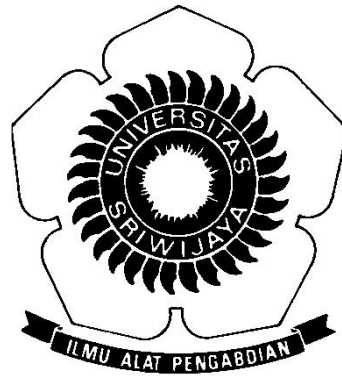


KLASIFIKASI JENIS LAHAN MENGGUNAKAN CNN BERBASISKAN CITRA SATELIT

Diajukan Untuk Menyusun Skripsi
di Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer UNSRI



Oleh

Fuad Maulana

NIM: 09021281722046

**Jurusan Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

KLASIFIKASI JENIS LAHAN MENGGUNAKAN CNN BERBASISKAN CITRA SATELIT

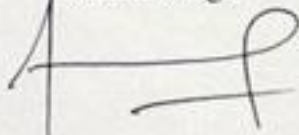
Oleh:

Fuad Maulana
NIM: 09021281722046

Indralaya, Januari 2023

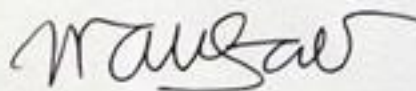
Mengetahui

Pembimbing I



M. Fachrurrozi, S.SI., M.T.
NIP. 198005222008121002

Pembimbing II



M. Naufal Rachmatullah, M.T
NIP. 199212012022031008

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini, M.Kom.
NIP. 197812222006042003

TANDA LULUS UJIAN SIDANG SKRIPSI

Pada hari Rabu tanggal 28 Desember 2022 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Fuad Maulana
NIM : 09021281722046
Judul : Klasifikasi Jenis Lahan Menggunakan CNN
Berbasiskan Citra Satelit

dan dinyatakan **LULUS**.

1. Ketua Penguji

Rizki Kurniati, M.T.
NIP. 199107122019032016



2. Penguji

Samsuryadi, M.Kom., Ph.D.
NIP. 197102041997021003



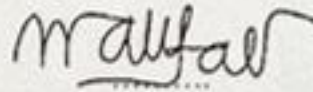
3. Pembimbing I

M. Fachrurrozi, M.T.
NIP. 198005222008121002



4. Pembimbing II

M. Naufal Rachmatullah, S.Kom., M.T.
NIP. 199212012022031008



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom.
NIP. 197812222006042003

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama: Fuad Maulana

NIM: 09021281722046

Program Studi: Teknik Informatika

Judul Skripsi: Klasifikasi Jenis Lahan Menggunakan CNN Berbasiskan
Citra Satelit

Hasil pengecekan *Software* iThenticate/Turnitin: 9%

Menyatakan bahwa laporan proyek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat di dalamnya, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapa pun.



Indralaya, Desember 2022



Fuad Maulana
NIM. 09021281722046

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

*“Your biggest rival is yourself.
Conquer yourself”*

*“Ada 2 nikmat yang sering dilalaikan manusia:
waktu luang dan kesehatan”*

Kupersembahkan karya tulis ini kepada:

Allah SWT

Kedua orang tuaku

Keluargaku

Teman-teman seperjuangan

Dosen pembimbing dan dosen penguji

Jurusan Teknik Informatika

Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Sriwijaya

Diri sendiri

LAND TYPES CLASSIFICATION USING CNN BASED ON SATELLITE IMAGERY

By:
Fuad Maulana
09021281722046

ABSTRACT

Remote sensing is a useful technique for mapping and monitoring geographic areas. Land classification based on satellite imagery is one of the applications of remote sensing. Classifying images manually requires a lot of time and effort. The CNN method can be used to automate the image classification process. However, with various CNN architectures that have been found, it is necessary to conduct experiments to find which CNN architecture is good to use. In this study, a comparison of image classification was carried out using 3 CNN architectures, namely VGG-16, ResNet-50, and EfficientNet-B0. Architecture training and testing was carried out on the EuroSAT dataset consisting of 10 classes with a total of 27,000 images. The CNN model uses a dataset with a split ratio of 80% as training data and 20% as test data. The experiment was carried out with two variations of the input shape, with a size of 64 x 64 pixels and 224 x 224 pixels. The results showed that the best Overall Accuracy (OA) was owned by ResNet-50 at 96.93%, followed by VGG-16 at 95.22%, while EfficientNet-B0 had a fairly low accuracy with a value of 31.96%.

Keywords: Land Classification, Satellite Image, CNN

KLASIFIKASI JENIS LAHAN MENGGUNAKAN CNN BERBASISKAN CITRA SATELIT

Oleh:
Fuad Maulana
09021281722046

ABSTRAK

Penginderaan jauh merupakan teknik yang berguna untuk pemetaan dan pemantauan wilayah geografis. Klasifikasi lahan berbasis citra satelit merupakan salah satu aplikasi dari penginderaan jauh. Pengklasifikasian citra secara manual memerlukan banyak waktu dan tenaga. Adanya metode CNN dapat dimanfaatkan untuk otomatisasi proses klasifikasi citra. Namun, dengan berbagai arsitektur CNN yang telah ditemukan, perlu dilakukan percobaan untuk menemukan arsitektur CNN mana yang baik digunakan. Pada penelitian ini, dilakukan perbandingan klasifikasi citra menggunakan 3 arsitektur CNN, yaitu VGG-16, ResNet-50, dan EfficientNet-B0. Pelatihan dan pengujian arsitektur dilakukan terhadap dataset EuroSAT yang terdiri dari 10 kelas dengan total 27.000 citra. Model CNN menggunakan dataset dengan rasio pembagian 80% sebagai data latih dan 20% sebagai data uji. Percobaan dilakukan dengan dua variasi *input shape*, dengan ukuran 64 x 64 piksel dan 224 x 224 piksel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Overall Accuracy* (OA) terbaik dimiliki oleh ResNet-50 sebesar 96,93% disusul oleh VGG-16 sebesar 95,22%, sedangkan EfficientNet-B0 memiliki akurasi cukup rendah dengan nilai 31,96%.

Kata Kunci: Klasifikasi Lahan, Citra Satelit, CNN

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil 'alamin. Puji dan syukur kepada Allah SWT yang senantiasa melimpahkan nikmat dan rahmat yang tak terhitung jumlahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Klasifikasi Jenis Lahan Menggunakan CNN Berbasis Citra Satelit”. Adapun penyusunan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan pendidikan program Strata-1 di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, tak lupa penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini, khususnya kepada:

1. Kedua orang tuaku, Abdul Syakur dan Beni Sulistyani beserta anggota keluarga lainnya yang selalu mendoakan, memberi dukungan, dan menasihati selama menjalani kegiatan perkuliahan.
2. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Alvi Syahrini Utami, M.Kom. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak M. Fachrurrozi, S.Si., M.T. dan Bapak M. Naufal Rachmatullah, M.T. selaku pembimbing tugas akhir yang telah mengawasi dan mengarahkan pengerjaan tugas akhir.
5. Bapak Samsuryadi, M.Kom., Ph.D. selaku penguji sidang tugas akhir dan juga yang telah mengoreksi penulisan tugas akhir agar menjadi tulisan yang lebih baik.
6. Para dosen dalam program bimbingan intensif untuk mahasiswa angkatan 2017 yang telah memberikan tambahan dukungan dan motivasi untuk mengerjakan tugas akhir.

7. Seluruh dosen pengajar Program Studi Teknik Informatika yang telah menyampaikan ilmunya baik dalam urusan perkuliahan maupun di luar perkuliahan.
8. Kak Ricy beserta staf jurusan maupun fakultas yang telah membantu keperluan administrasi perkuliahan.
9. Teman-teman TI 2017 selaku orang-orang yang telah berbagi pengalaman, pengetahuan, bantuan maupun pembelajaran.
10. Teman-teman kompleks Timbangan selaku orang-orang yang telah berbagi pengalaman, cerita, bantuan, maupun menemani dalam keluh kesah berkehidupan.
11. Orang-orang yang penulis temui di forum dunia maya yang telah berdiskusi maupun memberikan pendapat mengenai pertanyaan dan masalah penulis.
12. Semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir, yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Tiada gading yang tak retak, layaknya pada tugas akhir ini. Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini seperti kesalahan ketik, kesalahan format, penyusunan kalimat yang kurang rapi, maupun kurang kuatnya argumen yang diberikan. Oleh karena itu, penulis terbuka untuk kritik dan saran. Harapannya, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua

Indralaya, Desember 2022

Fuad Maulana

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
TANDA LULUS UJIAN SIDANG SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Pendahuluan	I-1
1.2 Latar Belakang	I-1
1.3 Rumusan Masalah	I-4
1.4 Tujuan Penelitian.....	I-4
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-5
1.6 Batasan Masalah.....	I-5
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-5
1.8 Kesimpulan.....	I-7
BAB II KAJIAN LITERATUR	II-1
2.1 Pendahuluan	II-1
2.2 Lahan	II-1
2.3 Citra Satelit.....	II-4
2.4 <i>Artificial Intelligence</i>	II-5
2.4.1 <i>Machine Learning</i>	II-6
2.4.2 <i>Deep Learning</i>	II-8
2.5 <i>Convolutional Neural Network</i>	II-9
2.5.1 <i>Convolution Layer</i>	II-10

2.5.2	<i>Pooling Layer</i>	II-12
2.5.3	<i>Fully Connected Layer</i>	II-13
2.5.4	<i>Activation Function</i>	II-13
2.5.5	<i>Optimizer</i>	II-17
2.6	<i>Batch Normalization</i>	II-19
2.7	<i>Dropout</i>	II-20
2.8	<i>Arsitektur Convolutional Neural Network</i>	II-21
2.8.1	VGG	II-21
2.8.2	ResNet.....	II-22
2.8.3	EfficientNet	II-23
2.9	<i>Performa dan Metode Evaluasi</i>	II-25
2.9.1	<i>Confusion Matrix</i>	II-25
2.9.2	<i>Accuracy</i>	II-26
2.9.3	<i>Precision</i>	II-27
2.9.4	<i>Recall</i>	II-27
2.9.5	<i>F1-Score</i>	II-27
2.10	<i>Pustaka Kode Program (library)</i>	II-28
2.10.1	TensorFlow (versi 2.8.0).....	II-28
2.10.2	Keras (versi 2.8.0).....	II-28
2.10.3	Matplotlib (versi 3.2.2)	II-29
2.10.4	Flask (versi 2.0.3).....	II-29
2.10.5	Splitfolders (versi 0.5.1).....	II-30
2.10.6	jQuery (versi 3.6.3)	II-30
2.11	<i>Penelitian Lain yang Relevan</i>	II-31
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN		III-1
3.1	<i>Pendahuluan</i>	III-1
3.2	<i>Pengumpulan Data</i>	III-1
3.2.1	<i>Jenis dan Sumber Data</i>	III-1
3.2.2	<i>Metode Pengumpulan Data</i>	III-3
3.3	<i>Tahapan Penelitian</i>	III-4
3.3.1	<i>Menetapkan Kerangka Kerja</i>	III-6

3.3.2	Kriteria Pengujian	III-16
3.3.3	Format Data Pengujian.....	III-17
3.3.4	Alat yang Digunakan dalam Penelitian.....	III-18
3.3.5	Melakukan Pengujian Penelitian.....	III-19
3.3.6	Analisis Hasil Pengujian dan Membuat Kesimpulan.....	III-19
3.4	Metode Pengembangan Perangkat Lunak	III-19
BAB IV	PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK.....	IV-1
4.1	Pendahuluan	IV-1
4.2	Fase Insepsi	IV-1
4.2.1	Pemodelan Bisnis	IV-1
4.2.2	Kebutuhan Perangkat Lunak	IV-1
4.2.3	Analisis dan Desain Perangkat Lunak	IV-2
4.3	Fase Elaborasi.....	IV-9
4.3.1	Perancangan Antarmuka	IV-9
4.3.2	<i>Sequence Diagram</i>	IV-12
4.3.3	Kebutuhan Sistem	IV-13
4.4	Fase Konstruksi	IV-14
4.4.1	Membangun Model CNN.....	IV-14
4.4.2	Melatih Model CNN	IV-16
4.4.3	Hasil Pembuatan Antarmuka Pengguna.....	IV-18
4.4.4	Perutean Alamat	IV-22
4.5	Fase Transisi	IV-24
4.5.1	Rencana Pengujian Perangkat Lunak.....	IV-25
4.5.2	Hasil Pengujian Perangkat Lunak	IV-26
4.6	Kesimpulan.....	IV-31
BAB V	HASIL DAN ANALISIS	V-1
5.1	Pendahuluan	V-1
5.2	Hasil Penelitian.....	V-1
5.2.1	Hasil Pengujian VGG-16 64 x 64	V-1
5.2.2	Hasil Pengujian ResNet-50 64 x 64	V-4

5.2.3	Hasil Pengujian EfficientNet-B0 64 x 64.....	V-6
5.2.4	Hasil Pengujian VGG-16 224 x 224	V-9
5.2.5	Hasil Pengujian ResNet-50 224 x 224.....	V-11
5.2.6	Hasil Pengujian EfficientNet-B0 224 x 224.....	V-13
5.3	Analisis Hasil Penelitian	V-16
5.3.1	Perbandingan Akurasi Pelatihan dan Akurasi Validasi	V-17
5.3.2	Pengaruh <i>Input Shape</i>	V-19
5.4	Kesimpulan.....	V-19
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		VI-1
6.1	Pendahuluan	VI-1
6.2	Kesimpulan.....	VI-1
6.3	Saran.....	VI-2

DAFTAR PUSTAKA	xviii
-----------------------------	--------------

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kode untuk Membagi Dataset

Lampiran 2. Kode untuk Melatih Model

Lampiran 3. Kode untuk Mengevaluasi Performa Model

Lampiran 4. Kode Web App

Lampiran 5. Perhitungan Metrik

DAFTAR TABEL

Tabel II-1. Pembagian Jenis Lahan menurut National Land Database versi 3.2 (2006)	II-2
Tabel II-2. Perbandingan Akurasi terhadap Model dan Dataset	II-32
Tabel III-1. <i>Confusion Matrix</i>	III-17
Tabel III-2. Kriteria Performa	III-17
Tabel III-3. Perbandingan Akurasi Model	III-17
Tabel IV-1. Definisi Aktor	IV-3
Tabel IV-2. Definisi Use Case	IV-4
Tabel IV-3. Skenario <i>Use Case</i> Mengklasifikasi Sebuah Citra	IV-7
Tabel IV-4. Skenario <i>Use Case</i> Mengukur Kinerja Klasifikasi Kumpulan Citra	IV-8
Tabel IV-5. Argumen Model TensorFlow	IV-15
Tabel IV-6. Konfigurasi Hyperparameter Pelatihan Model	IV-16
Tabel IV-7. Rencana Pengujian	IV-25
Tabel IV-8. Hasil Pengujian pada Perutean	IV-26
Tabel IV-9. Perhitungan Metrik dari <i>Confusion Matrix</i> yang Dihasilkan Perangkat Lunak	IV-28
Tabel IV-10. Hasil Pengujian Fungsionalitas	IV-29
Tabel V-1. Metrik Kinerja Model VGG-16 64 x 64	V-3
Tabel V-2. Metrik Kinerja Model ResNet-50 64 x 64	V-6
Tabel V-3. Metrik Kinerja Model EfficientNet-B0 64 x 64	V-8
Tabel V-4. Metrik Kinerja Model VGG-16 224 x 224	V-10
Tabel V-5. Metrik Kinerja Model ResNet-50 224 x 224	V-13
Tabel V-6. Metrik Kinerja Model EfficientNet-B0 224 x 224	V-15
Tabel V-7. Perbandingan Akurasi Antar Arsitektur pada Data Uji	V-16

DAFTAR GAMBAR

Gambar II-1. Pengindraan Satelit Terhadap Objek (Borra, 2019).....	II-4
Gambar II-2. Struktur dari Citra Digital dan Citra Multispectral (Kumar, n.d.)	II-5
Gambar II-3. Turunan Bidang AI: ML dan DL (levity.ai).....	II-6
Gambar II-4. Perbedaan Cara Kerja ML dan DL (towardsdatascience.com) ...	II-9
Gambar II-5. Skema Proses Konvolusi (Chen et al., 2021).....	II-11
Gambar II-6. Operasi Konvolusi (2D), dengan ukuran kernel = 2, stride = 1, padding = 0 (Chen et al., 2021)	II-11
Gambar II-7. Operasi Max Pooling dan Average Pooling.....	II-12
Gambar II-8. Kurva Fungsi Sigmoid (Wang et. al., 2020)	II-14
Gambar II-9. Kurva Fungsi Tanh(Wang et. al., 2020).....	II-15
Gambar II-10. Kurva Fungsi ReLu(Wang et. al., 2020)	II-16
Gambar II-11. Kurva Fungsi Softplus(Wang et. al., 2020).....	II-17
Gambar II-12. Arsitektur VGG-16 (Chen, 2021).....	II-22
Gambar II-13. Pembelajaran Residual: sebuah blok bangunan (He et. al, 2015)	II-22
Gambar II-14. Perbandingan Residual Learning dengan CNN pada Umumnya (Chen, 2021).....	II-23
Gambar II-15. Jenis Penyekalaan pada Model (Tan & Le, 2019)	II-24
Gambar II-16. Perbandingan Akurasi Jenis Arsitektur EfficientNet pada ImageNet.....	II-25
Gambar III-1. Distribusi Jumlah Citra Setiap Kelas.....	III-2
Gambar III-2. Sampel Dataset Setiap Kelas	III-2
Gambar III-3. Alur Tahapan Penelitian	III-5
Gambar III-4. Rasio Pembagian Dataset	III-7
Gambar III-5. Contoh Struktur Folder Sebelum Pembagian	III-8
Gambar III-6. Contoh Struktur Folder Sesudah Pembagian.....	III-8
Gambar III-7. Susunan Arsitektur Lapisan VGG-16.....	III-9
Gambar III-8. Arsitektur ResNet-50	III-11
Gambar III-9. Susunan <i>Stem</i> dan Lapisan Akhir	III-12
Gambar III-10. Pembagian Modul.....	III-12

Gambar III-11. Pengelompokan Modul ke Dalam Sub-Blok	III-13
Gambar III-12. Susunan Lapisan EfficientNet-B0	III-14
Gambar III-13. Diagram Alur Proses Klasifikasi	III-15
Gambar III-14. Alur Proses RUP	III-20
Gambar IV-1. <i>Use Case Diagram</i>	IV-3
Gambar IV-2. Diagram Aktivitas Mengklasifikasi Sebuah Citra	IV-5
Gambar IV-3. Diagram Aktivitas Mengukur Kinerja Klasifikasi Citra	IV-6
Gambar IV-4. <i>Wireframe</i> Menu Klasifikasi	IV-10
Gambar IV-5. <i>Wireframe</i> Menu Evaluasi Kinerja	IV-11
Gambar IV-6. <i>Sequence Diagram</i> Mengklasifikasi Sebuah Citra	IV-12
Gambar IV-7. <i>Sequence Diagram</i> Mengukur Kinerja Klasifikasi Citra	IV-13
Gambar IV-8. Antar Muka Menu Klasifikasi	IV-18
Gambar IV-9. Antar Muka Menu Klasifikasi (memilih citra)	IV-19
Gambar IV-10. Antar Muka Menu Klasifikasi (hasil klasifikasi)	IV-19
Gambar IV-11. Antar Muka Menu Evaluasi Kinerja	IV-20
Gambar IV-12. Antar Muka Menu Evaluasi Kinerja (memilih folder)	IV-20
Gambar IV-13. Antar Muka Menu Evaluasi Kinerja (hasil pengukuran)	IV-21
Gambar V-1. Kurva Akurasi Pelatihan VGG-16 64 x 64	V-2
Gambar V-2. Kurva Nilai <i>Loss</i> Pelatihan VGG-16 64 x 64	V-2
Gambar V-3. <i>Confusion Matrix</i> Model VGG-16 64 x 64	V-3
Gambar V-4. Kurva Akurasi Pelatihan ResNet-50 64 x 64	V-4
Gambar V-5. Kurva Nilai <i>Loss</i> Pelatihan ResNet-50 64 x 64	V-5
Gambar V-6. <i>Confusion Matrix</i> Model ResNet-50 64 x 64	V-5
Gambar V-7. Kurva Akurasi Pelatihan EfficientNet-B0 64 x 64	V-7
Gambar V-8. Kurva Nilai <i>Loss</i> Pelatihan EfficientNet-B0 64 x 64	V-7
Gambar V-9. <i>Confusion Matrix</i> Model EfficientNet-B0 64 x 64	V-8
Gambar V-10. Kurva Akurasi Pelatihan VGG-16 224 x 224	V-9
Gambar V-11. Kurva Nilai <i>Loss</i> Pelatihan VGG-16 224 x 224	V-9
Gambar V-12. <i>Confusion Matrix</i> Model VGG-16 224 x 224	V-10
Gambar V-13. Kurva Akurasi Pelatihan ResNet-50 224 x 224	V-11
Gambar V-14. Kurva Nilai <i>Loss</i> Pelatihan ResNet-50 224 x 224	V-12
Gambar V-15. <i>Confusion Matrix</i> Model ResNet-50 224 x 224	V-12

Gambar V-16. Kurva Akurasi Pelatihan EfficientNet-B0 224 x 224.....	V-14
Gambar V-17. Kurva Nilai <i>Loss</i> Pelatihan EfficientNet-B0 224 x 224.....	V-14
Gambar V-18. <i>Confusion Matrix</i> Model EfficientNet-B0 224 x 224.....	V-15
Gambar V-19. Visualisasi Perbandingan Akurasi.....	V-17

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Bab ini berisi pokok-pokok pikiran yang melandasi dilakukannya penelitian. Pokok-pokok pikiran tersebut meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat yang diperoleh dalam menjalankan penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan, dan gambaran besar dari penelitian disajikan dalam kesimpulan.

1.2 Latar Belakang

Pengindraan jauh (*remote sensing*) dan penerapannya menjadi salah satu hal utama untuk kemajuan dalam bidang komunikasi. Citra satelit berperan penting dalam penyediaan informasi geografis. Dengan menggunakan teknologi satelit untuk mengumpulkan data citra dari jarak jauh, pengindraan jauh sangat membantu kegiatan ini. Citra satelit dapat sangat berguna untuk berbagai sektor diantaranya pertanian, pertahanan, transportasi, pemerintahan dan lain sebagainya.

Citra satelit menyimpan informasi data yang dapat mengurangi waktu dan beban kerja penelitian atau pekerjaan. Proses penafsiran citra dengan klasifikasi yang masih dilakukan secara manual membutuhkan waktu dan tenaga yang tidak sedikit. Oleh karena itu, peningkatan di bidang ini diperlukan untuk menyeimbangi kemajuan teknologi yang tidak bisa dihentikan. Dalam penelitian ini memfokuskan

pada otomatisasi proses klasifikasi citra lahan berbasis satelit dengan ilmu komputer.

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan turunan dari metode *artificial neural network*. CNN menjadi salah satu algoritme pembelajaran terbaik untuk memahami konten citra dan membuktikan kinerja yang baik untuk masalah segmentasi gambar, klasifikasi, deteksi, dan permasalahan lainnya. (Ciresan et al. 2012; Liu et al. 2019). CNN menggunakan citra sebagai masukan yang dapat mengenali fitur pola tertentu pada citra. Ekstraksi fitur yang baik menjadi penentu kesuksesan dalam permasalahan pemrosesan gambar. Ini menjadi alasan mengapa CNN sangat baik dalam hal klasifikasi gambar.

Jenis arsitektur CNN sudah banyak ditemukan dari penelitian-penelitian sebelumnya. Khan et al. (2020) membagi arsitektur CNN menjadi tujuh kategori, yaitu didasarkan pada eksploitasi spasial, kedalaman, *multi-path*, lebar, eksploitasi *feature-map*, *channel boosting*, dan perhatian (*attention*). Adapun macam-macam arsitektur yang telah ditemukan oleh para peneliti sampai saat ini diantaranya LeNet, AlexNet, ZFNet, VGG, Google Net, Inception, ResNet, DenseNet, Xception, dan lain-lain.

Namun, dengan berbagai macam arsitektur CNN sudah banyak ditemukan sehingga sulit untuk menentukan mana arsitektur yang cocok untuk digunakan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan percobaan dengan beberapa arsitektur CNN untuk permasalahan klasifikasi lahan berbasis citra satelit. Arsitektur yang digunakan antara lain VGG-16, ResNet-50, dan EfficientNet-B0. Penggunaan arsitektur tersebut dipilih karena menurut Katternborn et al. (2021),

tipikal arsitektur CNN yang umumnya digunakan untuk klasifikasi citra dan regresi adalah VGG, ResNet, Inception ataupun EfficientNet.

VGG -16 ditemukan oleh Visual Geometry Group dari Universitas Oxford Model ini telah banyak digunakan di bidang *computer vision* dan *deep learning* karena kinerjanya yang baik (*top-1 accuracy* 74,4% dan *top-5 accuracy* 91,9% terhadap data ImageNet) dan arsitektur yang relatif sederhana. VGG termasuk model CNN yang relatif dangkal (*shallow*) dengan 16 lapisan dibandingkan dengan beberapa arsitektur modern, tetapi masih mampu mencapai hasil *state-of-the-art* pada banyak tugas klasifikasi gambar seperti ImageNet. (Simonyan & Zisserman, 2014)

ResNet-50 adalah model CNN yang dirancang untuk dapat belajar secara efektif dari dataset yang besar, seperti kumpulan data ImageNet. Arsitektur ResNet50 didasarkan pada *residual learning*, yang bertujuan untuk mengatasi masalah *vanishing gradient* pada *neural network* yang sangat dalam (He et al., 2015). Dengan demikian, membuat model ini sangat cocok untuk tugas klasifikasi gambar terhadap dataset besar. Beberapa penelitian (Kadhim & Abed, 2019; Manohar et al., 2021) mengenai klasifikasi citra berbasis satelit membuktikan bahwa ResNet-50 dapat mengungguli model lainnya.

Model EfficientNet merupakan model yang tergolong modern. Model ini berhasil mendapatkan *top-1 accuracy* 76% dan *top-5 accuracy* 93,2% pada data ImageNet. Salah satu keunggulan utama EfficientNet-B0 adalah efisiensinya dalam hal jumlah parameter dan sumber daya komputasi yang diperlukan. Dirancang untuk mencapai akurasi *state-of-the-art* sekaligus efisien dalam hal jumlah

parameter dan sumber daya komputasi, membuatnya sangat cocok untuk tugas klasifikasi gambar dengan kebutuhan sumber daya model yang minimal. Selain itu, model ini telah diimplementasikan di banyak pustaka *deep learning*, seperti TensorFlow dan PyTorch yang membuatnya mudah digunakan dalam proyek. (Le & Tan, 2019)

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, menentukan arsitektur CNN menjadi sulit karena banyaknya pilihan yang ada. Untuk menangani hal tersebut, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana implementasi *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk melakukan klasifikasi lahan dalam perangkat lunak?
2. Bagaimana hasil kinerja yang didapatkan dari klasifikasi lahan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN)?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan *Convolutional Neural Network* (CNN) pada perangkat lunak sebagai metode klasifikasi lahan.
2. Mengetahui hasil kinerja dari arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) sebagai metode klasifikasi lahan.
3. Membandingkan hasil kinerja dari arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) sebagai metode klasifikasi lahan.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut ini manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian yang dilakukan:

1. Hasil penelitian dapat digunakan untuk membantu mengembangkan perangkat lunak klasifikasi lahan
2. Penelitian ini dapat dijadikan referensi topik terkait bagi penelitian mendatang.

1.6 Batasan Masalah

Agar penelitian berfokus pada masalah yang sudah didefinisikan dan tidak keluar dari ruang lingkup permasalahan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Dataset citra yang dipakai untuk penelitian adalah EuroSAT.
2. Masukan citra berdimensi 64 x 64 piksel dan 224 x 224 piksel dengan *channel* RGB.
3. Arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) yang digunakan adalah VGG-16, ResNet-50, dan EfficientNet-B0.
4. Minimal akurasi klasifikasi pengindraan jauh dapat dikatakan baik jika mencapai 85% (Anderson et al., 1976)
5. Pemilihan model terbaik ditentukan dari *overall accuracy*

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir mengikuti standar penulisan tugas akhir Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yang terdiri dari enam bab yaitu sebagai berikut.

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini memaparkan pokok gagasan yang melandasi penelitian, antara lain latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah/ruang lingkup, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Bab ini menerangkan dasar-dasar teori yang dipakai dalam penelitian, seperti citra digital, citra satelit, *Convolutional Neural Network* (CNN), arsitektur CNN, metode pengembangan perangkat lunak, serta penelitian lainnya yang berhubungan dengan penelitian ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijabarkan tentang tahapan atau proses yang dilaksanakan pada masing-masing kegiatan penelitian. Mulai dari data yang digunakan, metode pengembangan perangkat lunak, metode pengujian, dan perencanaan penelitian.

BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Bab ini menguraikan implementasi dari perancangan proses pengembangan perangkat lunak yang sudah dijabarkan pada BAB III, serta dilanjutkan dengan pengujian hasil dari perangkat lunak agar sesuai dengan perencanaan dan tujuan.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan hasil dari perangkat lunak pelatihan dan pengujian klasifikasi citra beserta analisis hasil yang didapat dari setiap arsitektur CNN.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi pengambilan kesimpulan berdasarkan hasil dan analisis penelitian yang sudah dilakukan serta saran-saran yang dapat diterapkan agar penelitian menjadi lebih baik.

1.8 Kesimpulan

Penelitian ini berjudul “Klasifikasi Jenis Lahan Menggunakan CNN Berbasis Citra Satelit” yang mana pada bab ini sudah dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Saffar, A. A. M., Tao, H., & Talab, M. A. (2017). Review of Deep Convolution Neural Network in Image Classification. In *2017 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET)* (pp. 26-31). IEEE.
- Anderson, J. R., Hardy, E. E., & Roach, J.T. (1976). A Land Use and Land Cover Classification System for use with Remote Sensor Data (Vol. 964). In United States Geological Survey. *US Government Printing Office*.
- Baja, S (2012). *Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Pengembangan Wilayah Pendekatan Sapsial dan Aplikasinya*. CV. Andi Offset, Yogyakarta, Indonesia.
- Basu, S., Ganguly, S., Mukhopadhyay, S., DiBiano, R., Karki, M., & Nemani, R. (2015). Deepsat: a learning framework for satellite imagery. In *Proceedings of the 23rd SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*.
- Borra, S., Thanki, R., & Dey, N. (2019). *Satellite Image Analysis: Clustering and Classification*. Springer, Singapore.
- Cantor, M. (2003). *Rational Unified Process for Systems Engineering Part II: System architecture*. The Rational Edge.
- Chen, L., Li, S., Bai, Q., Yang, J., Jiang, S., & Miao, Y. (2021). Review of image Classification Algorithms Based on Convolutional Neural Networks. *Remote Sensing*, 13(22), 4712. <https://doi.org/10.3390/rs13224712>

- Ciresan D, Giusti A, Gambardella, L., & Schmidhuber, J. (2012). Deep Neural Networks Segment Neuronal Membranes in Electron Microscopy Images. In: *Advances in neural information processing systems*. pp 2843–2851
- Coenen, F. (2012). On the Use of Confusion Matrixes.
- Exper AI (2022, Maret). What Is Machine Learning? A Definition. Diakses pada 16 November 2022, dari <https://www.expert.ai/blog/machine-learning-definition>.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series). MIT Press.
- Gu, J., Wang, Z., Kuen, J., Ma, L., Shahroudy, A., Shuai, B., ... & Chen, T. (2018). Recent Advances in Convolutional Neural Networks. *Pattern Recognition*, 77, 354-377.
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 777-785). <https://doi.org/10.48550/arXiv.1512.03385>
- Helber, P., Bischke, B., Dengel, A., & Borth, D. (2019). Eurosat: A Novel Dataset and Deep Learning Benchmark for Land Use and Land Cover Classification. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12(7), 2217-2226.
- Hinton, G. E., Srivastava, N., Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Salakhutdinov, R. R. (2012). Improving neural networks by preventing co-adaptation of feature detectors. arXiv preprint arXiv:1207.0580.
- Hossin, M., & Sulaiman, M. N. (2015). A Review on Evaluation Metrics for Data Classification Evaluations. *International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process*, 5(2), 1.

- Ioffe, S., & Szegedy, C. (2015, June). Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift. In *International Conference On Machine Learning* (pp. 448-456). PMLR.
- Kadhim, M. A., & Abed, M. H. (2019). Convolutional neural network for satellite image classification. In *Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems* (pp. 165-178).
- Kattenborn, T., Leitloff, J., Schiefer, F., & Hinz, S. (2021). Review on Convolutional Neural Networks (CNN) in vegetation remote sensing. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 173, 24-49. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.12.010>
- Khan, A., Sohail, A., Zahoora, U., & Qureshi, A. S. (2020). A Survey of the Recent Architectures of Deep Convolutional Neural Networks. *Artificial Intelligence Review*, 53(8), 5455-5516. <https://doi.org/10.1007/s10462-0209825-6>
- Kumar, M. (n.d.). Photogrammetry and Remote Sensing Division Indian Institute of Remote Sensing, *Dehra Dun*.
- Le Cun, Y., Jackel, L. D., Boser, B., Denker, J. S., Graf, H. P., Guyon, I., ... & Hubbard, W. (1989). Handwritten Digit Recognition: Applications of Neural Network Chips and Automatic Learning. *IEEE Communications Magazine*, 27(11), 41-46.
- Lee, C. Y., Gallagher, P. W., & Tu, Z. (2016). Generalizing Pooling Functions in Convolutional Neural Networks: Mixed, Gated, and Tree. In *Artificial Intelligence and Statistics* (pp. 464-472). PMLR.
- Liu, X., Deng, Z., & Yang, Y. (2019) Recent Progress in Semantic Image Segmentation. *Artif Intell Rev* 52:1089–1106. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1809.10198>

- Manohar, N., Pranav, M. A., Aksha, S., & Mytravarun, T. K. (2021). Classification of Satellite Images. In *International Conference on Information and Communication Technology for Intelligent Systems* (pp. 703-713).
- Office of the UK Deputy Prime Minister, (2006). National Land Use Database: Land Use and Land Cover Classification. LandInform Ltd, London, UK.
- Shah, D. (2018, April) AI, Machine Learning, & Deep Learning Explained in 5 Minutes. Diakses pada 16 November 2022, dari <https://becominghuman.ai/ai-machine-learning-deep-learning-explained-in-5-minutes-b88b6ee65846>.
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. *International Conference on Learning Representations (ICLR) 2015*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1409.1556>
- Sommerville, I. (2016). *Software Engineering* (10th ed). Harlow: Pearson
- Srivastava, N., Hinton, G., Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Salakhutdinov, R. (2014). Dropout: a Simple Way to Prevent Neural Networks From Overfitting. *The Journal of Machine Learning Research*, 15(1), 1929-1958.
- Szegedy, C., Vanhoucke, V., Ioffe, S., Shlens, J., & Wojna, Z. (2016). Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 2818-2826).
- Tan, M., & Le, Q. (2019, May). Efficientnet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks. In *International Conference on Machine Learning* (pp. 6105-6114). PMLR. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1905.11946>
- Unnikrishnan, A., Sowmya, V., & Soman, K. P. (2018). A Two-Band Convolutional Neural Network for Satellite Image Classification. In *International Conference on Communications and Cyber Physical Engineering 2018* (pp. 161-170).

- Waibel, A., Hanazawa, T., Hinton, G., Shikano, K., & Lang, K. J. (1989). Phoneme Recognition using Time-Delay Neural Networks. *IEEE Transactions On Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 37(3), 328-339.
- Wang, Y., Li, Y., Song, Y., & Rong, X. (2020). The Influence of the Activation Function in a Convolution Neural Network Model of Facial Expression Recognition. *Applied Sciences*, 10(5), 1897. <https://doi.org/10.3390/app10051897>
- Yarali, A. (2022). Applications of Artificial Intelligence, ML, and DL. <https://doi.org/10.1002/9781119685265.ch16>
- Zoph, B., Vasudevan, V., Shlens, J., & Le, Q. V. (2018). Learning Transferable Architectures for Scalable Image Recognition. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 8697-8710).