



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PERBANDINGAN METODE *GENETIC ALGORITHM* (GA) DAN AHP
DALAM MENENTUKAN KESESUAIAN LAHAN APARTEMEN
(Studi Kasus: Kecamatan Candisari, Kota Semarang)**

TUGAS AKHIR

**AKMAL WAHYUDI
21110118130093**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMENT TEKNIK GEODESI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
JANUARI 2023**



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PERBANDINGAN METODE *GENETIC ALGORITHM* (GA) DAN AHP
DALAM MENENTUKAN KESESUAIAN LAHAN APARTEMEN
(Studi Kasus: Kecamatan Candisari, Kota Semarang)**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (Strata – 1)

**AKMAL WAHYUDI
21110118130093**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMENT TEKNIK GEODESI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
JANUARI 2023**

HALAMAN PERNYATAAN

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip
maupun dirujuk
Telah saya nyatakan dengan benar

Nama : AKMAL WAHYUDI
NIM : 21110118130093
Tanda Tangan :



Tanggal : 22 Desember 2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:


NAMA : AKMAL WAHYUDI
NIM : 21110118130093
PROGRAM STUDI : TEKNIK GEODESI
Judul Skripsi :


PERBANDINGAN METODE *GENETIC ALGORITHM* (GA) DAN AHP DALAM
MENENTUKAN KESESUAIAN LAHAN APARTEMEN
(Studi Kasus: Kecamatan Candisari, Kota Semarang)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana/ S1 pada Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing 1 : Mochammad Awaluddin, ST., MT. ()

Pembimbing 2 : Dr. L.M. Sabri, ST., MT. ()

Penguji 1 : Dr. Yasser Wahyuddin, ST., MT., M.Sc. ()

Penguji 2 : Reyhan Azeriansyah, ST., M.Eng. ()

Semarang, 22 Desember 2022

Ketua Departemen Teknik Geodesi



Dr. Yudo Prasetyo, S.T., M.T.

NIP. 197904232006041001

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Semakin Diremehkan Semakin Ingin Ku Membuktikan”

Perjuangan saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini tidak lepas dari ejekan, remehan, dan ketidakpercayaan beberapa orang, hal itu saya maklumi karena memang saya bukan orang yang terbaik secara akademis di Kampus, Saya hanya mahasiswa biasa yang senang bergaul dan berbagi cerita dengan banyak orang. Tetapi ejekan dan remehan tersebut saya jadikan motivasi hingga dapat sampai dititik sekarang.

Penyusunan skripsi ini dari awal hingga akhir saya dedikasikan untuk kedua orang tua saya yaitu bapak Edison,SE. dan ibu Mailani yang bersusah payah menyekolahkan saya hingga dititik ini. Hidup jauh dari orang tua Padang – Semarang saling menahan rindu hanya untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Universitas Diponegoro akhirnya terbayarkan sudah. Skripsi ini merupakan hadiah pertama saya untuk kedua orang tua yang sangat saya cintai. Dalam perjuangan gelar sarjana ini saya banyak dibantu oleh orang-orang sekitar, saya ingin mengucapkan terimakasih kepada teman-teman dan keluarga saya diantaranya:

1. Abang & Adek kandung saya Afif Hanbali, A.Md.Par dan Annisa Yasmin yang memberi support dan semangat selama merantau sehingga dapat bertahan ditengah perantauan.
2. Mas Ndut dan Mba boni serta keluarga yang sangat membantu dan mensupport saya untuk dapat bertahan dan menjalani kehidupan yang cukup selama menimba ilmu di Universitas Diponegoro.
3. Cuutih dan keluarga yang menjadi tempat pulang saya di perantauan dan mendukung serta memberi motivasi selama proses belajar.
4. Komting 2018 Adi Wicaksono Raharjo yang menjadi panutan dan garda terdepan dalam menghadapi segala masalah dan polemik di Teknik Geodesi.
5. Edgar Satyadi Karang sebagai teman seperjuangan dalam menyelesaikan skripsi dan banyak memberikan masukan serta ilmu yang bermanfaat.
6. Amellia Kinanti sebagai teman seperjuangan Candisari yang menjadi tempat bertanya dan berkonsultasi ketika bingung mengerjakan tugas akhir ini
7. Nova Trisianti sebagai teman cerita yang setia mendengarkan keluh kesah saya selama memperjuangkan skripsi hingga selesai seperti saat ini

8. Teman teman [K.J.] yang banyak memberikan pandangan baru tentang cara berfikir dan melihat dunia, serta menjadi teman yang menemani senang dan susah bersama.
9. Astama Suta Buwana yang menjadi keluarga saya selama berada di Kota Semarang, merasakan susah senang bersama selama lebih dari 4 tahun, bersama-sama merasakan kaderisasi yang indah untuk dikenang tapi tidak untuk diulang, hingga sekarang bersama-sama berjuang untuk mendapatkan gelar sarjana.
10. PSDM HM Teknik Geodesi yang telah memberikan *hardskill* maupun *softskill* bagaimana kehidupan dalam dunia organisasi.
11. Kakak Tingkat 2017 khususnya Bang Afif Janur, Mba Bella Riskyta, Bang Hafiiiz Mega Kusuma dan Mba Suci Indah yang membantu saya untuk tetap semangat dalam mengerjakan skripsi.
12. Adik Tingkat 2019 yang memberikan dukungan dan menjadi motivasi saya untuk dapat segera menyelesaikan skripsi.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa, Pencipta dan Pemelihara alam semesta, akhirnya Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, meskipun proses belajar sesungguhnya tak akan pernah berhenti. Tugas akhir ini sesungguhnya bukanlah sebuah kerja individual dan akan sulit terlaksana tanpa bantuan banyak pihak yang tak mungkin Penulis sebutkan satu persatu, namun dengan segala kerendahan hati, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Yudo Prasetyo, S.T., M.T. , selaku Ketua Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
2. Bapak Moehammad Awaluddin, ST., MT, yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. L.M. Sabri, ST., MT, yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. L.M. Sabri, ST., MT selaku dosen wali saya.
5. Seluruh Dosen Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, yang tidak pernah lelah memberikan saran serta ilmu yang bermanfaat dalam masa perkuliahan dan penyusunan tugas akhir.
6. Semua pihak yang telah memberikan dorongan dan dukungan baik berupa material maupun spiritual serta membantu kelancaran dalam penyusunan tugas akhir ini.

Akhirnya, Penulis berharap semoga penelitian ini menjadi sumbangsih yang bermanfaat bagi dunia sains dan teknologi di Indonesia, khususnya disiplin keilmuan yang Penulis dalami.

Semarang, Desember 2022

Penyusun

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : AKMAL WAHYUDI
NIM : 21110118130093
Jurusan/Program Studi : TEKNIK GEODESI
Fakultas : TEKNIK
Jenis Karya : SKRIPSI

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Noneeksklusif Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PERBANDINGAN METODE *GENETIC ALGORITHM* (GA) DAN AHP DALAM MENENTUKAN KESESUAIAN LAHAN APARTEMEN

(Studi Kasus: Kecamatan Candisari, Kota Semarang)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : Semarang, 22 Desember 2022

Yang menyatakan



Akmal Wahyudi

ABSTRAK

Perkembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) dewasa ini semakin meningkat seiring dengan majunya teknologi, terutama dalam pengembangan metode untuk penentuan lokasi optimal atau kesesuaian lahan. Metode yang umum digunakan adalah metode *Analytic Heirarchy Process* (AHP). Penggunaan AHP hingga sekarang masih cukup efektif walaupun beberapa penelitian didapati hasil yang kurang sesuai. Hal ini dapat diminimalisir dengan mencari metode alternatif selain AHP untuk meningkatkan kualitas penentuan lokasi optimal. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Genetic Algorithm* (GA). Metode GA mengkombinasikan bobot dari AHP yang bersifat subjektif dengan bobot yang bersifat objektif yang didapatkan dari metode CRITIC, yang berasal dari data di lapangan tanpa terpengaruh diskresi data. Objek studi untuk membandingkan metode AHP dan GA difokuskan pada penentuan kesesuaian lahan untuk apartemen. Parameter tertinggi dalam penentuan lokasi apartemen baik menggunakan metode AHP dan GA adalah kemiringan lereng dan sarana kesehatan, dan untuk parameter terendah adalah potensi banjir dan jenis batuan untuk kedua metode. Pengaplikasian metode AHP dan GA untuk menentukan kesesuaian lahan apartemen dilakukan menggunakan proses *overlay*, Hasil AHP dan GA menghasilkan kesesuaian lahan apartemen yang hampir serupa, baik dari sebaran areanya maupun dari jumlah kelasnya. Metode AHP memberi hasil 77% Kecamatan Candisari masuk ke dalam kelas “Sangat Sesuai” dan 23% masuk ke dalam kelas “Cukup Sesuai”, sedangkan untuk metode GA didapati 80% Kecamatan Candisari masuk ke dalam kelas “Sangat Sesuai” dan 20% masuk ke dalam kelas “Cukup Sesuai”.

Kata Kunci: AHP, Apartemen, GA, SIG

ABSTRACT

The development of Geographic Information Systems (GIS) today is increasing along with advances in technology, especially in the development of methods for determining optimal locations or land suitability. The method commonly used is the Analytic Hierarchy Process (AHP) method. The use of AHP is still quite effective even though some studies have found inconsistent results. This can be minimized by looking for alternative methods other than AHP to improve the quality of determining the optimal location. One method that can be used is the Genetic Algorithm (GA). The GA method combines subjective AHP weights with objective weights obtained from the CRITIC method, which are derived from field data without being affected by data discretion. The object of the study to compare the AHP and GA methods is focused on determining land suitability for apartments. The highest parameters in determining the location of apartments using both the AHP and GA methods are slope and health facilities, and the lowest parameters are flood potential and rock type for both methods. The application of the AHP and GA methods to determine the suitability of apartment land is carried out using an overlay process. The results of AHP and GA produce almost similar apartment land suitability, both in terms of area distribution and the number of classes. The AHP method gave the result that 77% of Candisari District entered the "Appropriate" class and 23% entered the "Relative Appropriate" class, while for the GA method it was found that 80% of Candisari District entered the "Appropriate" class and 20% entered the "Relative Appropriate" class.

Keywords: AHP, Apartment, GA, GIS

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN PERNYATAAN..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iv |
| KATA PENGANTAR..... | vi |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI | vii |
| ABSTRAK..... | viii |
| <i>ABSTRACT</i> | ix |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| DAFTAR TABEL | xvii |
| KODE SUMBER..... | xix |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| I.1 Latar Belakang | 1 |
| I.2 Rumusan Masalah | 3 |
| I.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| I.4 Manfaat Penelitian | 4 |
| I.5 Batasan Masalah | 4 |
| I.6 Sistematika Tugas Akhir | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| II.1 Penelitian Terdahulu | 6 |
| II.2 Apartemen..... | 7 |
| II.3 Faktor Penentu Lokasi Apartemen..... | 8 |
| II.4 Parameter Kriteria | 9 |
| II.4.1 Penggunaan Lahan | 9 |
| II.4.2 Fisik dan Lingkungan..... | 10 |
| II.4.3 Aksesibilitas | 12 |
| II.4.4 Sarana..... | 12 |
| II.4.5 Prasarana | 14 |
| II.5 <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i> | 15 |
| II.6 <i>Criteria Importance Through Intercriteria Correlation (CRITIC)</i> | 17 |

| | | |
|---------|--|-----|
| II.7 | <i>Genetic Algorithm (GA)</i> | 19 |
| II.7.1 | Inisiasi | 21 |
| II.7.2 | Seleksi | 21 |
| II.7.3 | Reproduksi | 22 |
| II.7.4 | Terminasi..... | 23 |
| II.8 | Sistem Informasi Geografis (SIG) | 24 |
| BAB III | METODE PELAKSANAAN | 26 |
| III.1 | Alat dan Data | 26 |
| III.1.1 | Alat..... | 26 |
| III.1.2 | Data | 26 |
| III.2 | Lokasi Penelitian..... | 27 |
| III.3 | Diagram Alir Penelitian | 30 |
| III.4 | Tahapan Pengolahan Data Penelitian..... | 33 |
| III.4.1 | Pembuatan Jangkauan Jalan, Jaringan Air Bersih, dan Sungai..... | 33 |
| III.4.2 | Pembuatan Jangkauan Fasilitas Umum..... | 35 |
| III.4.3 | Pembuatan Peta Kemiringan Lereng..... | 39 |
| III.4.4 | Pembobotan <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i> | 44 |
| III.4.5 | Pembobotan <i>Criteria Importance Through Intercriteria Correlation (CRITIC)</i> | 50 |
| III.4.6 | Pembobotan <i>Genetic Algorithm (GA)</i> | 57 |
| III.4.7 | Peta Kesesuaian Lahan Apartemen | 66 |
| III.4.8 | Pembuatan Peta Lahan <i>Existing</i> | 71 |
| III.4.9 | Perbandingan Kesesuaian Lahan Apartemen Terhadap Lahan <i>Existing</i> . 78 | |
| BAB IV | HASIL DAN ANALISIS | 79 |
| IV.1 | Hasil Pembobotan AHP | 79 |
| IV.2 | Hasil Pembobotan GA | 81 |
| IV.3 | Parameter Lokasi Apartemen..... | 84 |
| IV.4 | Analisis Kesesuaian Lahan Apartemen..... | 92 |
| IV.5 | Penentuan Lokasi Alternatif Apartemen..... | 95 |
| IV.6 | Validasi Lapangan..... | 98 |
| BAB V | KESIMPULAN DAN SARAN..... | 101 |
| V.1 | Kesimpulan | 101 |

| | |
|------------------------|------|
| V.2 Saran..... | 102 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | viii |
| LAMPIRAN-LAMPIRAN..... | L-1 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar II-1 Prinsip Kerja <i>Genetic Algorithm</i> | 20 |
| Gambar II-2 Populasi <i>Genetic Algorithm</i> | 21 |
| Gambar II-3 Ilustrasi Perhitungan <i>Cumsum</i> | 22 |
| Gambar II-4 Seleksi dari <i>Genetic Algorithm</i> | 22 |
| Gambar II-5 <i>Crossover Genetic Algorithm</i> | 23 |
| Gambar II-6 Terminasi <i>Genetic Algorithm</i> | 24 |
| Gambar III-1 Lokasi Penelitian..... | 29 |
| Gambar III-2 Diagram Alir Penelitian | 30 |
| Gambar III-3 Diagram Alir <i>Genetic Algorithm</i> | 31 |
| Gambar III-4 Diagram Alir Metode AHP | 32 |
| Gambar III-5 Hasil <i>Import Data</i> | 33 |
| Gambar III-6 Fitur <i>Multiple Ring Buffer</i> | 33 |
| Gambar III-7 Jendela <i>Multiple Ring Buffer</i> | 34 |
| Gambar III-8 Hasil <i>Buffer</i> jaringan jalan | 34 |
| Gambar III-9 Hasil <i>Buffer</i> Jaringan Air Bersih..... | 34 |
| Gambar III-10 Hasil <i>Buffer</i> Sungai | 35 |
| Gambar III-11 Fitur <i>New Network Dataset</i> | 35 |
| Gambar III-12 Fitur <i>Make Service Area Layer</i> | 36 |
| Gambar III-13 Jendela <i>Make Service Area Layer</i> | 36 |
| Gambar III-14 Fitur <i>Add Location</i> | 36 |
| Gambar III-15 Jendela <i>Add Location</i> | 37 |
| Gambar III-16 Fitur <i>Solve</i> | 37 |
| Gambar III-17 Jendela <i>Solve</i> | 37 |
| Gambar III-18 Hasil <i>Service Area</i> Sarana Kesehatan | 38 |
| Gambar III-19 Hasil <i>Service Area</i> Pusat Perbelanjaan | 38 |
| Gambar III-20 Hasil <i>Service Area</i> Sarana Pendidikan..... | 38 |
| Gambar III-21 Hasil <i>Service Area</i> Infrastruktur Pemerintahan..... | 39 |
| Gambar III-22 Hasil <i>Service Area</i> Sarana Rekreasi | 39 |
| Gambar III-23 Tampilan DEMNAS..... | 40 |
| Gambar III-24 Fitur <i>Mosaic To New Raster</i> | 40 |

| | |
|---|----|
| Gambar III-25 Jendela <i>Mosaic To New Raster</i> | 40 |
| Gambar III-26 Fitur <i>Extract by Mask</i> | 41 |
| Gambar III-27 Hasil <i>clip</i> DEMNAS | 41 |
| Gambar III-28 Fitur <i>Slope</i> | 42 |
| Gambar III-29 Jendela <i>Slope</i> | 42 |
| Gambar III-30 Fitur <i>Reclassify</i> | 42 |
| Gambar III-31 Jendela <i>Reclassify</i> | 43 |
| Gambar III-32 Fitur <i>Raster to Polygon</i> | 43 |
| Gambar III-33 Jendela <i>Raster to Polygon</i> | 43 |
| Gambar III-34 Hasil <i>Slope</i> Menggunakan DEMNAS..... | 44 |
| Gambar III-35 Fitur <i>Grid Index Feature</i> | 50 |
| Gambar III-36 Jendela <i>Grid Index Feature</i> | 50 |
| Gambar III-37 Fitur <i>Intersect</i> | 51 |
| Gambar III-38 Jendela <i>Intersect</i> | 51 |
| Gambar III-39 Fitur <i>Dissolve</i> | 51 |
| Gambar III-40 Jendela <i>Dissolve</i> | 52 |
| Gambar III-41 Fitur <i>Table To Excel</i> | 52 |
| Gambar III-42 Jendela <i>Table To Excel</i> | 52 |
| Gambar III-43 Nilai <i>fitness</i> dari setiap <i>generasi</i> | 62 |
| Gambar III-44 Persebaran Nilai GA | 64 |
| Gambar III-45 Persebaran Nilai GA Tanpa Kontrol | 65 |
| Gambar III-46 Fitur <i>Union</i> | 66 |
| Gambar III-47 Jendela <i>Union</i> | 67 |
| Gambar III-48 Hasil <i>Union</i> Parameter | 67 |
| Gambar III-49 <i>Add Field</i> Skoring dan Keterangan..... | 67 |
| Gambar III-50 Jendela <i>Add Field</i> | 68 |
| Gambar III-51 Jendela <i>Field Calculator</i> | 68 |
| Gambar III-52 Pengisian Keterangan Kelas..... | 70 |
| Gambar III-53 Hasil Metode AHP | 70 |
| Gambar III-54 Hasil Metode GA | 70 |
| Gambar III-55 Tampilan Citra SPOT-7 dan Quickbird | 71 |
| Gambar III-56 <i>Image to Image Registration</i> | 71 |

| | |
|---|----|
| Gambar III-57 <i>Add Point GCP Pertama</i> | 72 |
| Gambar III-58 <i>Add Point GCP Terakhir</i> | 72 |
| Gambar III-59 Hasil RMSE | 72 |
| Gambar III-60 Penyimpanan Hasil Koreksi Citra SPOT-7..... | 73 |
| Gambar III-61 <i>Add Data Citra SPOT-7 Terkoreksi</i> | 73 |
| Gambar III-62 <i>Jendela Create New Shapefile</i> | 74 |
| Gambar III-63 <i>Proses Digitasi</i> | 74 |
| Gambar III-64 <i>Lahan Existing Candisari</i> | 74 |
| Gambar III-65 <i>Membuat File Geodatabase</i> | 75 |
| Gambar III-66 <i>Membuat Feature Dataset</i> | 75 |
| Gambar III-67 <i>Jendela Feature Dataset</i> | 75 |
| Gambar III-68 <i>Import Feature Class (Single)</i> | 76 |
| Gambar III-69 <i>Jendela Feature Class (Single)</i> | 76 |
| Gambar III-70 <i>Menu New Topology</i> | 76 |
| Gambar III-71 <i>Pengaturan Jendela New Topology</i> | 77 |
| Gambar III-72 <i>Topology Properties</i> | 77 |
| Gambar III-73 Hasil Pengecekan <i>Topology</i> | 77 |
| Gambar III-74 Peta AHP dan <i>Lahan Existing</i> | 78 |
| Gambar III-75 Peta GA dan <i>Lahan Existing</i> | 78 |
| Gambar IV-1 Persentase Pembobotan AHP | 79 |
| Gambar IV-2 Persentase Pembobotan CRITIC | 81 |
| Gambar IV-3 Nilai <i>Fitness</i> Dari Setiap Generasi | 83 |
| Gambar IV-4 Persentase Pembobotan <i>Genetic Algorithm</i> | 83 |
| Gambar IV-5 Kemiringan Lereng..... | 84 |
| Gambar IV-6 Jaringan Air Bersih..... | 85 |
| Gambar IV-7 Harga Tanah | 86 |
| Gambar IV-8 Jaringan Jalan | 86 |
| Gambar IV-9 Sarana Kesehatan | 87 |
| Gambar IV-10 Pusat Perbelanjaan..... | 87 |
| Gambar IV-11 Jenis Tanah..... | 88 |
| Gambar IV-12 Sungai..... | 89 |
| Gambar IV-13 Infrastruktur Pemerintahan..... | 89 |

| | |
|--|----|
| Gambar IV-14 Sarana Rekreasi | 90 |
| Gambar IV-15 Sarana Pendidikan | 90 |
| Gambar IV-16 Potensi Banjir | 91 |
| Gambar IV-17 Jenis Batuan..... | 91 |
| Gambar IV-18 Perbandingan Hasil AHP dan GA | 93 |
| Gambar IV-19 Lokasi Pengembangan Apartemen..... | 95 |
| Gambar IV-20 Peta Lokasi A Pengembangan Apartemen | 96 |
| Gambar IV-21 Peta Lokasi B Pengembangan Apartemen | 97 |
| Gambar IV-22 Peta Lokasi C Pengembangan Apartemen | 98 |
| Gambar IV-23 Persebaran Sampel | 99 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel II-1 Penelitian Terdahulu..... | 6 |
| Tabel II-2 Faktor Penentu Lokasi Apartemen | 9 |
| Tabel II-3 Harga Tanah | 10 |
| Tabel II-4 Jenis Tanah..... | 10 |
| Tabel II-5 Kemiringan Tanah..... | 11 |
| Tabel II-6 Potensi Banjir | 11 |
| Tabel II-7 Jenis Batuan..... | 11 |
| Tabel II-8 Jaringan Jalan | 12 |
| Tabel II-9 Sarana Pendidikan | 12 |
| Tabel II-10 Sarana Kesehatan | 13 |
| Tabel II-11 Sarana Perbelanjaan | 13 |
| Tabel II-12 Rekreasi | 13 |
| Tabel II-13 Jaringan Air Bersih..... | 14 |
| Tabel II-14 Sungai..... | 14 |
| Tabel II-15 Infrastruktur Pemerintahan..... | 15 |
| Tabel II-16 Skala Pengisian AHP..... | 16 |
| Tabel II-17 Nilai <i>Random Consistency Index</i> | 17 |
| Tabel III-1 Data Sekunder..... | 26 |
| Tabel III-2 Jumlah Penduduk Kecamatan Candisari..... | 27 |
| Tabel III-3 Sarana Pendidikan Kecamatan Candisari | 27 |
| Tabel III-4 Sarana Kesehatan Kecamatan Candisari | 28 |
| Tabel III-5 Pusat Perbelanjaan Kecamatan Candisari..... | 28 |
| Tabel III-6 Sarana Rekreasi Kecamatan Candisari | 28 |
| Tabel III-7 Matriks <i>Pairwise Comparison</i> | 45 |
| Tabel III-8 Matriks A | 45 |
| Tabel III-9 Eigen Matriks A..... | 46 |
| Tabel III-10 Eigen Matriks B | 46 |
| Tabel III-11 Selisih Eigen Matriks A dan B | 47 |
| Tabel III-12 Bobot AHP..... | 48 |
| Tabel III-13 Matriks Vektor Jumlah Tertimbang..... | 48 |

| | |
|---|-----|
| Tabel III-14 Matriks <i>Consistency Vector</i> | 49 |
| Tabel III-15 Contoh Matriks Keputusan | 53 |
| Tabel III-16 Normalisasi Matriks..... | 53 |
| Tabel III-17 Standard Deviasi Parameter | 54 |
| Tabel III-18 Matriks Korelasi | 54 |
| Tabel III-19 <i>Measure Conflict</i> Matriks | 55 |
| Tabel III-20 Estimasi Bobot Kriteria | 56 |
| Tabel III-21 Bobot Setiap Kriteria | 56 |
| Tabel III-22 <i>upper dan lower bounds GA</i> | 57 |
| Tabel III-23 Bobot percobaan ke-1 GA | 63 |
| Tabel III-24 Hasil <i>Running GA</i> | 63 |
| Tabel III-25 Standard Deviasi Parameter GA | 64 |
| Tabel III-26 Hasil <i>running GA</i> Tanpa Kontrol | 65 |
| Tabel III-27 Hasil Pembobotan GA | 66 |
| Tabel III-28 Batas Nilai Klasifikasi AHP | 69 |
| Tabel III-29 Batas Nilai Klasifikasi GA | 69 |
| Tabel III-30 Jendela <i>Select by Attributes</i> | 69 |
| Tabel IV-1 Kemiringan Lereng Kecamatan Candisari..... | 85 |
| Tabel IV-2 Perbedaan Urutan Bobot AHP dan GA..... | 92 |
| Tabel IV-3 Luas Kesesuaian Metode AHP | 94 |
| Tabel IV-4 Luas Kesesuaian Metode GA..... | 94 |
| Tabel IV-5 Parameter Lokasi A..... | 96 |
| Tabel IV-6 Parameter Lokasi B | 97 |
| Tabel IV-7 Parameter Lokasi C..... | 98 |
| Tabel IV-8 Jumlah Populasi dan Sampel Penelitian..... | 98 |
| Tabel IV-9 Perhitungan Jumlah Kesalahan Klasifikasi..... | 99 |
| Tabel IV-10 Contoh Hasil Validasi Lapangan | 100 |

KODE SUMBER

| | |
|--|----|
| Kode Sumber III-1 <i>Initialization</i> | 58 |
| Kode Sumber III-2 <i>Fitness Value</i> | 58 |
| Kode Sumber III-3 <i>Selection</i> | 60 |
| Kode Sumber III-4 <i>Crossover</i> | 61 |
| Kode Sumber III-5 <i>Mutation</i> | 61 |
| Kode Sumber III-6 <i>Elitism</i> | 62 |

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam menjawab permasalahan kewilayahan semakin hari semakin berkembang (Margareth, 2007). Menurut Sari, dkk (2014) SIG mulai diterapkan pertama kali pada tahun 1967 dan diberi nama *Canadian Geographic Information System* (CGIS). Pada saat itu CGIS digunakan untuk menyimpan, menganalisis, dan mengolah data yang terkumpulkan untuk inventarisasi tanah di wilayah Kanada. Perkembangan SIG seperti metode dan penyajian data sudah semakin mudah digunakan oleh masyarakat (Darmawan, 2011). Metode yang umum digunakan SIG dalam penentuan lokasi optimal dan kesesuaian lahan adalah AHP dan *Fuzzy* AHP, seperti penelitian yang dilakukan oleh Sari (2022) dan Diansasmita (2020) yang memanfaatkan AHP untuk penentuan lokasi optimal dalam pembangunan apartemen. Fungsi SIG dalam penentuan lokasi optimal adalah untuk mencari wilayah yang memiliki nilai tertinggi berdasarkan parameter yang ditentukan (Radiarta, 2017). Berdasarkan penelitian Syawal (2013) metode AHP dan *Fuzzy* AHP masih dinilai efektif hingga sekarang. Walaupun demikian, beberapa penelitian yang menggunakan metode AHP mendapati hasil yang tidak sesuai dengan keadaan atau kejadian yang ada di lapangan, Salah satunya seperti pada penelitian Sari (2022). Pada penelitian ini didapati satu dari tiga apartemen *existing* masuk kedalam kelas “Kurang Sesuai”. Dari penelitian tersebut menunjukkan perlunya metode alternatif selain AHP untuk meningkatkan kualitas kesesuaian. Metode yang dapat dijadikan alternatif adalah metode *Genetic Algorithm* (GA).

Genetic Algorithm adalah algoritma pencarian yang didasarkan pada konsep seleksi alam dan genetika alam. Teori ini dikembangkan untuk menstimulasikan beberapa proses yang diamati dalam evolusi (Mathew, 2012). GA berbeda dengan metode pencarian lainnya, metode ini menggunakan fungsi tanpa informasi dari siapapun, skema yang diterapkan dalam *Genetic Algorithm* ini adalah probabilistik, sehingga komputer mengambil semua kemungkinan yang ada dan menstimulasikannya hingga didapatkan angka yang terbaik untuk memecahkan suatu masalah (Kratika & dkk, 2001). Beberapa penelitian menjelaskan mengenai pemanfaatan GA dalam optimalisasi atau evaluasi kewilayahan dengan beragam objek, seperti penelitian Tan (2020) yang memanfaatkan GA untuk evaluasi ruang bawah

tanah, Handyanto (2015) memanfaatkan GA untuk penentuan lokasi stasiun pengisian bahan bakar, dan penelitian Hadipour (2020) untuk melihat kualitas lingkungan di sekitar area transportasi. *Genetic Algorithm* merupakan suatu algoritma yang dapat mencari nilai optimum berdasarkan suatu fungsi, dengan menerapkan prinsip biologi yaitu mengkawin silangkan atau mengkombinasi angka random sehingga didapatkan angka yang diinginkan dan angka optimal (Mathew, 2012). Kesulitan dalam metode ini adalah menentukan fungsi yang sesuai dengan penelitian yang dilakukan. Salah satu fungsi yang digunakan GA dalam penentuan lokasi optimal adalah mengkombinasikan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan metode *Criteria Importance Through Inter Criteria Correlation* (CRITIC) sehingga didapati bobot yang memiliki tiga atribut data yaitu diskrit data, korelasi, dan intensitas kontras (Tan, 2020). Penggunaan GA dalam penelitian ini akan mengambil fungsi yang sama, dimana AHP digunakan dalam penentuan lokasi yang memiliki kekurangan karena bersifat subjektif dan berasal dari pendapat pribadi sehingga menghasilkan bobot parameter yang bias, ditambah metode CRITIC yang sering digunakan dalam *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) untuk menghitung bobot dengan pendekatan intensitas kontras dan korelasi antar data sehingga bobot bersifat objektif.

Objek yang diambil dalam penelitian ini adalah lokasi optimal dan kesesuaian lahan apartemen. Selain karena hasil dari penelitian sebelumnya yaitu Sari (2022) didapati ketidaksesuaian lokasi apartemen eksisting dengan model, pemilihan objek apartemen dikarenakan pemilihan lokasi apartemen merupakan salah satu hal yang penting dalam membangun bisnis agar dapat memaksimalkan keuntungan dan meminimalisir kerugian (Jones, 1990). Pemilihan bisnis apartemen merupakan solusi dari permasalahan keterbatasan lahan yang tidak dapat diimbangi dengan jumlah penduduk yang semakin bertambah (BPS, 2022). Pemilihan lokasi Kecamatan Candisari sebagai lokasi penelitian dikarenakan wilayah ini masuk dalam wilayah BWK II (Badan Wilayah Kota II) sehingga harga tanah di wilayah ini tidak setinggi daerah BWK I (BPN, 2020). Memiliki lokasi yang strategis karena memiliki banyak infrastruktur serta berbatasan dengan pusat Kota Semarang seperti Kecamatan Semarang Selatan dan Gajah Mungkur, serta berbatasan dengan wilayah pendidikan seperti Kecamatan Tembalang dan Banyumanik membuat permintaan akan tempat hunian di wilayah ini menjadi tinggi (Zakky, 2021), tetapi hal tersebut tidak didukung dengan luas kecamatan Candisari yang hanya memiliki 6,54km². Pembangunan tempat hunian bertingkat di daerah ini bisa menjadi solusi untuk memenuhi permintaan akan

tempat tinggal di lokasi strategis seperti kecamatan Candisari ini, tempat hunian vertikal yang dapat dibangun yaitu seperti rumah susun atau apartemen (Sari, 2022). Pada lokasi Candisari yang berdekatan dengan pusat kota dan perkantoran, pembangunan apartemen akan lebih di prioritaskan dibanding rumah susun, karena selain menguntungkan dari segi bisnis, apartemen memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi, hal ini menjadi faktor penting bagi target pasar apartemen yaitu masyarakat menengah ke atas yang memiliki tingkat mobilitas yang tinggi. Analisis lokasi apartemen dapat memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan mempertimbangkan faktor- faktor tertentu mendapatkan lokasi yang optimum dan juga tidak melanggar dari aturan RTRW kota Semarang. Perda Kota Semarang No.5 Tahun 2021 Pasal 119 Ayat 4 disebutkan bahwa dibolehkannya pemanfaatan lokasi hunian vertikal untuk kawasan pusat kota seperti BWK I/II/III atau kawasan padat dan kumuh lainnya dengan tujuan untuk menambah ruang terbuka hijau dengan koefisien dasar bangunan paling tinggi 80%. Penelitian ini bermaksud untuk mengkaji ulang kesesuaian lahan apartemen menggunakan metode AHP dengan parameter yang disesuaikan dari saran penelitian sebelumnya dan membandingkan hasil AHP dengan hasil GA.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana analisis peta kesesuaian lahan apartemen di Kecamatan Candisari dengan menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process*?
2. Bagaimana analisis peta kesesuaian lahan apartemen di Kecamatan Candisari dengan menggunakan metode *Genetic Algorithm*?
3. Bagaimana perbandingan peta kesesuaian lahan apartemen di Kecamatan Candisari dengan menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* dan *Genetic Algorithm*?

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memperoleh kesesuaian lahan apartemen di Kecamatan Candisari dengan menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process*
2. Memperoleh kesesuaian lahan apartemen di Kecamatan Candisari dengan menggunakan Metode *Genetic Algorithm*
3. Memperoleh perbandingan peta kesesuaian lahan apartemen di Kecamatan Candisari dengan menggunakan metode AHP dan *Genetic Algorithm*

I.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Aspek Keilmuan

Penelitian ini dapat memberikan informasi tambahan tentang pemanfaatan *Genetic Algorithm* sebagai alternatif penentuan lokasi apartemen berbasis SIG.

2. Aspek Kerekayasaan

Penelitian ini dijadikan sebagai alternatif untuk pengambilan keputusan dalam pembangunan apartemen bagi pihak yang terkait, serta pencerdasan kepada masyarakat mengenai potensi lahan untuk pembangunan apartemen di wilayah Kecamatan Candisari

I.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi kasus dalam penelitian ini adalah Kecamatan Candisari, Kota Semarang.
2. Faktor penentu lokasi apartemen yang digunakan dalam metode *Analytic Hierarchy Process* dan *Genetic Algorithm* disamakan berdasarkan saran dari penelitian sebelumnya
3. *Genetic Algorithm* digunakan sebagai metode dalam mengkombinasikan hasil pembobotan dari metode AHP dan CRITIC sehingga didapatkan nilai bobot baru.
4. Keluaran dari penelitian ini adalah kesimpulan kesesuaian lahan apartemen Kecamatan Candisari Kota Semarang dengan menggunakan *Genetic Algorithm* dan AHP dan divisualisasikan dalam bentuk peta.

I.6 Sistematika Tugas Akhir

Dalam penyusunan Tugas Akhir menggunakan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab pertama membahas mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah yang diambil, tujuan dilakukannya penelitian, manfaat dilakukannya penelitian, dan penjelasan mengenai sistematika tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab kedua membahas mengenai kajian penelitian terdahulu dan dasar dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini seperti teori apartemen, faktor penentu lokasi apartemen, Sistem Informasi Geografis (SIG), dan teori mengenai metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu teori dari metode *Analytic Hierarchy Process*

(AHP), *Criteria Importance Thought Intercriteria Correlation* (CRITIC), dan *Genetic Algorithm* (GA).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ketiga menjelaskan mengenai tahapan dalam pelaksanaan penelitian dimulai dari alat dan data yang digunakan, lokasi penelitian, diagram alir pelaksanaan, dan tahapan pengolahan data. Pengolahan data terdiri dari *buffer*, *network analyst*, perhitungan bobot dari AHP, CRITIC, dan GA, *overlay* hingga perbandingan model kesesuaian lahan apartemen terhadap lahan *existing* yang ada di Kecamatan Candisari yang didapatkan dari *digitasi on screen*.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Bab keempat membahas hasil dan pembahasan yang sudah didapatkan dari penelitian ini, analisis yang dilakukan dimulai dari analisis bobot yang didapatkan dari setiap metode, analisis parameter yang dihasilkan, analisis model yang didapatkan dari metode AHP dan GA penentuan titik lokasi apartemen alternatif terbaik yang dapat dipilih oleh *developer* apartemen, dan membahas mengenai validasi hasil digitasi di lapangan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab kelima berisi penarikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan rumusan masalah yang sudah disusun, serta memberikan saran sebagai pertimbangan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adil, A. (2017). *Sistem Informasi Geografis*. Yogyakarta: ANDI.
- Agmelina, E. N., & Ariastita, P. G. (2017). Faktor Pemilihan Lokasi Apartemen Berdasarkan Preferensi Pemerintah di Surabaya Metropolitan Area. *Jurnal Teknik ITS*, 2337-3520.
- Amanulla, M. S. (2017). Pemilihan Lokasi Terbaik Pengembangan Properti Apartemen di Perkotaan Cibinong Kabupaten Bogor. *Jurnal Pengembangan Kota*, 93-103.
- Aronoff, S. (1993). *Geographic Information System: A Management Perspective*. Ottawa: WDL Publication.
- Awangga, R. M. (2019). *Pengantar Sistem Informasi Geografis*. Bandung: Kreatif Industri Nusantara.
- Aziz, M. A. (2016). Faktor Lokasi Apartemen Menengah di Surabaya Timur Berdasarkan Preferensi Stakeholders. *Repository ITS*.
- Baja, S. (2012). *Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Pengembangan Wilayah*. Yogyakarta: Perpustakaan Nasional.
- BPN. (2020). Diambil kembali dari Peta Online ATR/BPN: <http://peta.bpn.go.id>
- BPS. (2022). Diambil kembali dari Laju Pertumbuhan Penduduk, 2020-2022: <https://www.bps.go.id/indicator/12/1976/1/laju-pertumbuhan-penduduk.html>
- Chiara, D., & Hancock, J. (1990). *Time Saver Standards for Building Types*. New York: McGraw-Hill.
- Chiara, J., & Crosbie, M. (2001). *Time Saver Standart For Building Types*. Singapore: McGraw- Hill Book Co.
- Choo, E. U. (1999). Interpretation of Criteria Weight in Multicriteria Decision Making. *Computers & Industrial Engineering*, 527-541.
- Darmawan, M. (2011). Sistem Informasi Geografis dan Standarisasi Pemetaan Tematik. *BAKOSURTANAL*.
- Dengen, C. N. (2019). Penentuan Jenis Tanaman Berdasarkan Kemiringan Lahan Pertanian Menggunakan Adopsi Linier Programming Berbasis Pengolahan Citra. *Jurnal Buana Informatika*.
- Diakoulaki, D. (1995). Determining Objective Weight in Multiple Criteria Problem: The Critic Method. *Departement of Chemical Engineering*, 763-770.
- Diansismita, R. (2020). Analisis Potensi Peruntukan Lahan Apartmen Menggunakan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process. *Jurnal Geodesi Undip*.

- Drabkin, H. D. (1977). *Land Policy And Urban Growth*. New York: Pergamon Press.
- Ducheyne, E. (2006). A Spatial approach to forest- management optimization: linking GIS and multiple objective genetic algorithm. *International Journal of Geographical Information Science*.
- Fajar, A. (2016). Apartemen di Kawasan Intermoda BSD Tangerang. *Arsitektur Undip*.
- Ghita, C., & dkk. (2013). Business Micro- Location: Factors Preferens and Indicator to Assess The Influence Factor. *Management and Production Engineering Review*, 25-36.
- Gusni, A. (2019). Sarana dan Prasarana Pendidikan. *Jurnal UNP*.
- Hadipour, M. (2020). Environmental Optimazation of uraban transportaion network, using GIS and Genetic Algorithm. *Saudi Society for Geoscience*.
- Handayanto, R. T. (2015). A Web-GIS based integraed optimum location assessment tool for gas station using genetic algorithm. *ARNP Journal of Engineering and Applied Science*.
- Harmon, J. E., & Anderson, S. (2003). *Design and Implementation of Geographic Information System*. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Haupt, R. L. (2004). *Practical Genetic Algorithm*. USA: Acid Free Paper.
- Ilhamsyah, T. H. (2020). Lokasi Strategis Pengembangan Hunian Vertikal di Kota Bogor. *JOM Unpak*.
- Jones, F. (1990). *Location, Location, Location*. New York: Small Business.
- Kalensun, H. (2016). Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih di Kelurahan Pangolombian Kecamatan Tomohon Selatan. *Jurnal Sipil Statik*, 2337-6732.
- KLHK. (2016). *Petunjuk Teknis Aplikasi Model Analisa Spasial dalam Pembuatan Peta Arahan Pengelolaan Kawasan Konservasi dan Pengintegrasian Peta Zona/Blok*. Bogor: Direktorat Jendral Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem.
- Kratica, J., & dkk. (2001). Solving The Simple Plant Location Problem By Genetic Algorithm. *Rairo Operation Research*, 127-142.
- Kumar, M., & dkk. (2010). Genetic Algorithm: Review and Aplication. *International Journal of Information Technology and Knowledge Management*, 451-454.
- Kusumo, P. (2016). Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir dengan Sistem Informasi Geografis . *Jurnal String*, 29-38.
- Lubin, D. (1993). *Land-Use Planning*. Rome: FAO.

- Margareth, T. (2007). Sistem Informasi Geografis Pengertian dan Aplikasinya. *STMIK AMIKOM*.
- Marlina, E. (2008). *Panduan Perancangan Bangunan Komersial*. Yogyakarta: Andy Publisher.
- Mathew, T. V. (2012). *Genetic Algorithm*. Mumbai: datajobstest.
- Neufert, E., & Thackara, J. (1980). *Architects' Data*. London: Granada.
- Nurgraha, Y. (2014). Pemanfaatan SIG untuk Menentukan Lokasi Potensial Pengembangan Kawasan Perumahan dan Pemukiman. *Jurnal Geodesi Undip*, 82-92.
- Padmowati, R. d. (2009). Pengukuran Index Konsistensi Dalam Proses Pengambilan keputusan Menggunakan Metode AHP. *UPN "Veteran" Yogyakarta*, 80-84.
- Ponjavic, M. (2006). Geographic Information System and Genetic Algorithm Application for Multicriterial Land Valorization in Spatial Planning. *Vienna*, 13-16.
- Priambudi, B. N. (2014). FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERUBAHAN PEMANFAATAN LAHAN DAN SOSIAL EKONOMI DI SEKITAR APARTEMEN MUTIARA GARDEN. *PWK UNDIP*.
- Rohmat, M. Y. (2016). Penggunaan Metode Analisis Spasial dan Genetic Algorithm (GA) Pada Sistem Penentuan Lokasi Optimum SPBU. *Repository ITS*.
- Saputra, D. P. (2016). Penentuan Prioritas Lokasi Perumahan di Kecamatan Kasihan Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Bumi Indonesia*.
- Sari, N. F., Nursasongko, P., & Wisnu, D. (2014). *Ensiklopedia Geografi: Sistem Informasi Geografis*. Klaten: Cempaka Putih.
- Sari, S. I. (2022). Analisis Potensi lahan Apartemen Menggunakan Metode AHP dan Graphical Modelling. *Jurnal Geodesi Undip*.
- Sutikno. (1991). *Evaluasi Medan Klasifikasi dan Penilaian Terhadap Medan*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Sutoyo, M. N. (2016). Metode Analytic Hierarchy Process. *FTI USN Kolaka*.
- Syaifulloh. (2010). Pengenalan Metode AHP.
- Syawal, A. (2013). Perbandingan Skala Prioritas Penangan Jalan di Kabupaten Bengkayang Antara Metode AHP Dengan Metod Bina Marga. *Teknil Sipil Untan*.
- Tan, F. (2020). Suitability Evaluation of Underground Space Based on Finite Interval Cloud Model and Genetic Algorithm Combination Weight. *Tunneling and Underground Space Technology*.

- Taufiqurahman. (2015). Evaluasi Kesesuaian Lahan Pemukiman di Pesisir Kota Pekalongan. *Program Magister Pembangunan Wilayah Kota Universitas Diponegoro*.
- Utomo, W. Y. (2016). Analisis Potensi Rawan dan Resiko Banjir & Longsor Jawa Barat. *Departemen Tanah dan Sumberdaya Lahan*.
- Wahid, A. Y. (2014). *Pengantar Hukum Tata Ruang*. Jakarta: Prenadamedia.
- Zakky, I. (2021). Penerapan Arsitektur Hijau pada Perancangan Apartemen Di Solo Baru. *Senthong*.