

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

Akmal Wahyudi<sup>\*)</sup>, Moehammad Awaluddin, L.M. Sabri

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788  
Email : [wahyudiakmall@gmail.com](mailto:wahyudiakmall@gmail.com)<sup>\*)</sup>

**ABSTRAK**

Perkembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) dewasa ini semakin meningkat seiring dengan majunya teknologi baik dilihat dari cara penyajian, aplikasi hingga metode yang digunakan beragam, salah satu metode yang umum dalam SIG untuk penentuan lokasi optimal adalah Metode AHP atau Analytic Heirarchy Process, AHP menggunakan prinsip pembobotan parameter untuk mendapatkan lokasi optimal, pembobotan ini diambil dari pendapat para ahli yang kompeten dibidang tersebut. Penggunaan AHP hingga sekarang masih cukup efektif walaupun beberapa penelitian didapati hasil yang kurang sesuai, hasil ini dapat terjadi karena beberapa faktor, salah satunya adalah bias dari narasumber dan juga perbedaan yang cukup jauh antara pernyataan narasumber dengan data yang ada di lapangan. Permasalahan ini dapat diminimalisir dengan mencari metode alternatif, salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode Genetic Algorithm (GA). Metode GA dapat dimanfaatkan untuk mengkombinasi bobot dari AHP yang bersifat subjektif dengan bobot yang bersifat objektif yang didapatkan dari metode CRITIC, dimana metode CRITIC merupakan pembobotan yang berasal dari data di lapangan tanpa terpengaruh diskresi data. Pada penelitian ini akan mencoba melanjutkan penelitian mengenai kesesuaian lahan apartemen di Kecamatan Candisari dengan menggunakan parameter yang disesuaikan dengan saran penelitian sebelumnya, kemudian hasil tersebut akan dibandingkan dengan metode GA. Pengolahan peta kesesuaian lahan apartement yang dilakukan menggunakan proses overlay baik dari metode GA maupun AHP. Setelah dilakukan pengolahan, hasil dari metode AHP dan GA didapati hasil yang cukup mirip, baik dari sebaran areanya maupun dari jumlah kelasnya. Pada metode AHP didapati 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:** SIG, AHP, GA, Apartemen

**ABSTRACT**

*The development of Geographic Information Systems (GIS) today is increasing along with advances in technology both in terms of presentation, application and various methods used, one of the common methods in GIS for determining the optimal location is the AHP Method or Analytic Heirarchy Process, AHP uses the principle parameter weighting to get the optimal location, this weighting is taken from the opinions of experts who are competent in that field. The use of AHP is still quite effective, although some studies have found inappropriate results, these results can occur due to several factors, one of which is the bias of the informants and also the considerable difference between the statements of the informants and the data in the field. This problem can be minimized by looking for alternative methods, one method that can be used is the Genetic Algorithm (GA) method. The GA method can be used to combine subjective weights from AHP with objective weights obtained from the CRITIC method, where the CRITIC method is a weighting derived from field data without being affected by data discretion. In this study, we will try to continue research on the suitability of apartment land in Candisari District by using parameters that are adjusted to the suggestions of previous studies, then these results will be compared with the GA method. The processing of apartment land suitability maps is carried out using the overlay process from both the GA and AHP methods. After processing, the results from the AHP and GA methods were quite similar, both from the area distribution and from the number of classes. In the AHP method, it was found that 77% of Candisari District was in the Very Appropriate class and 23% was in the Fairly Appropriate class, while for the GA method, 80% of Candisari District was found to be in the Very Suitable class and 20% were included in the Sufficiently Appropriate class.*

**Keywords:** GIS, AHP, GA, Apartment

<sup>\*)</sup> Penulis Utama, Penanggung Jawab

## I. Pendahuluan

### I.1 Latar Belakang

Perkembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam menjawab permasalahan kewilayahan semakin hari semakin berkembang (Margareth, 2007) menurut buku yang ditulis oleh (Sari, Nursasongko, & Wisnu, 2014) SIG mulai diterapkan pertama kali pada tahun 1967 dan diberi nama nama Canadian Geographic Information System (CGIS), pada saat itu CGIS digunakan untuk menyimpan, menganalisis dan mengolah data yang dikumpulkan untuk inventarisasi tanah di Wilayah Kanada. Perkembangan SIG yang dapat dilihat seperti metode dan penyajian data yang semakin mudah digunakan oleh masyarakat (Darmawan, 2011), Metode yang umum digunakan SIG dalam penentuan lokasi optimal adalah AHP dan Fuzzy AHP untuk metode optimalisasi lahan, seperti penelitian yang dilakukan oleh (Sari S. I., 2022) dan (Diansismita, 2020) yang memanfaatkan AHP untuk penentuan lokasi optimal dalam pembangunan apartemen. Selain metode, cara penyajian peta semakin hari semakin berkembang dimulai dari peta yang dicetak secara manual hingga berkembang kearah digitalisasi peta seperti GIS online yang dapat diakses melalui laptop maupun smartphone (Awangga, 2019). Berdasarkan penelitian dari (Syawal, 2013) metode yang AHP dan Fuzzy AHP masih dinilai efektif hingga sekarang, walaupun demikian beberapa penelitian yang menggunakan metode AHP ini juga mendapati hasil yang tidak sesuai dengan keadaan atau kejadian yang ada dilapangan salah satunya seperti pada penelitian (Sari S. I., 2022), hal ini menunjukkan perlu adanya metode yang alternatif dengan harapan menghasilkan model yang lebih baik, salah satu metode yang masih jarang dan bisa dijadikan alternatif adalah metode Genetic Algorithm (GA) (Ducheyne, 2006).

Beberapa penelitian di Luar Negeri mengenai pemanfaatan GA dalam optimalisasi atau evaluasi kewilayahan memiliki beragam objek, seperti penelitian (Tan, 2020) yang memanfaatkan GA untuk evaluasi ruang bawah tanah, (Handayanto, 2015) memanfaatkan GA untuk penentuan lokasi gas station, dan penelitian (Hadipour, 2020) untuk melihat kualitas lingkungan disekitar area transportasi. Genetic Algorithm merupakan suatu algoritma yang dapat mencari nilai optimum berdasarkan fungsi yang diberikan, dengan menggunakan prinsip biologi yaitu mengkawin silangkan atau mengkombinasi angka random sehingga didapatkan angka yang diinginkan atau angka optimal (Mathew, 2012). Kesulitan dalam metode ini adalah mencari atau membuat fungsi yang sesuai dengan penelitian yang dilakukan, salah satu fungsi yang digunakan GA dalam penentuan lokasi optimal berdasarkan penelitian dari (Tan, 2020) yaitu mengkombinasikan metode Analytic Hierarchy Process (AHP) dan metode Criteria Importance Through Inter Criteria Correlation (CRITIC) sehingga didapatkan bobot yang memiliki tiga atribut data yaitu diskrit data, korelasi, dan intensitas kontras. Penggunaan GA dalam penelitian ini akan mengambil

fungsi yang sama dari penelitian (Tan, 2020) yaitu mengkombinasikan metode AHP dan CRITIC, dimana AHP umum digunakan dalam penentuan lokasi, tetapi memiliki kekurangan karena bersifat subjektif dan berasal dari pendapat pribadi sehingga memungkinkan untuk didapati bobot parameter yang bias dari narasumber, sedangkan metode CRITIC merupakan salah satu metode yang digunakan dalam Multi Criteria Decision Making (MCDM) yang menghitung bobot dengan pendekatan intensitas kontras dan korelasi antar data sehingga bobot ini dapat dikatakan bersifat objektif (Tan, 2020).

Objek yang diambil dalam penelitian ini adalah kesesuaian lahan apartemen, selain karena hasil dari penelitian sebelumnya yaitu (Sari S. I., 2022) didapati ketidaksesuaian lokasi apartemen eksisting dengan model yang dibangun dari metode AHP, penelitian ini dilanjutkan karena 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 karena daerah ini masuk kedalam daerah BWK II sehingga harga ditanah wilayah ini tidak setinggi daerah BWK I (BPN, 2020), serta daerah ini berdekatan dengan banyak infrastruktur sehingga menjadi lokasi yang strategis dalam pembangunan apartemen (Zakky, 2021). Pada penelitian ini akan mencoba melanjutkan atau melakukan kembali peta kesesuaian lahan apartemen menggunakan metode AHP dengan parameter yang disesuaikan dari saran penelitian sebelumnya dan membandingkan hasil AHP tersebut dengan metode GA.

### I.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini memiliki rumusan masalah yakni:

1. Bagaimana analisis peta kesesuaian lahan apartement di Kecamatan Candisari menggunakan metode AHP?
2. Bagaimana analisis peta kesesuaian lahan apartement di Kecamatan Candisari menggunakan metode GA?
3. Bagaimana perbedaan peta kesesuaian lahan apartemen di Kecamatan Candisari dengan menggunakan metode AHP dan GA?

### I.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan diantaranya yaitu:

1. Mengetahui analisis peta kesesuaian lahan apartemen di Kecamatan Candisari dengan menggunakan metode AHP
2. Mengetahui analisis peta kesesuaian lahan apartemen di Kecamatan Candisari dengan menggunakan metode GA
3. Mengetahui perbedaan peta kesesuaian lahan apartemen di Kecamatan Candisari dengan menggunakan metode AHP dan GA

**I.4 Batasan Lingkup Penelitian**

Adapun batasan penelitian yang dilakukan sesuai dengan tema penelitian yaitu:

1. Studi kasus dalam penelitian ini adalah Kecamatan Candisari, Kota Semarang.
2. Faktor penentu lokasi apartemen yang digunakan dalam metode AHP dan Genetic Algoritim disamakan berdasarkan saran dari penelitian sebelumnya
3. Apartemen yang dimaksud dalam penelitian ini adalah hunian yang dibangun oleh pihak swasta
4. Genetic Algorithm digunakan sebagai tools dalam mengkombinasikan hasil pembobotan dari metode AHP dan CRITIC sehingga didapatkan nilai bobot baru dari hasil kombinasi tersebut.
5. Output dari penelitian ini adalah peta kesesuaian lahan apartemen Kecamatan Candisari Kota Semarang dengan menggunakan Genetic Algorithm dan AHP.

**II. Tinjauan Pustaka**

**II.1 Apartemen**

Apartemen adalah sebuah bangunan yang dipisahkan secara horizontal dan vertikal agar tersedia hunian yang berdiri sendiri dan mencakup bangunan bertingkat atau bangunan tinggi dilengkapi berbagai fasilitas yang sesuai dengan standar yang di tentukan (Neufert & Thackara, 1980). Pembangunan tempat hunian bertingkat seperti apartemen atau rumah susun dimanfaatkan sebagai solusi dari permasalahan keterbatasan lahan yang ada di suatu daerah (Marlina, 2008)

**II.2 Faktor Penentu Lokasi Apartemen**

Apartemen merupakan salah satu wadah bisnis bagi para swasta, maka dari itu pemilihan lokasi apartemen akan sangat penting untuk keberlanjutan bisnis tersebut. menurut (Jones, 1990), tiga faktor utama dalam suksesnya bisnis adalah lokasi, lokasi dan lokasi, dari pernyataan tersebut dapat dilihat seberapa pentingnya penentuan lokasi bagi pelaku bisnis. Pemerintah Indonesia telah mengatur mengenai pembangunan rumah susun komersial atau dalam hal ini apartemen, yaitu diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 1988 mengenai Rumah Susun terkhusus di pasal 22 dijelaskan bahwa rumah susun yang dibangun harus memperhatikan penggunaan lahan yang digunakan. Lokasi rumah susun harus mendukung saluran pembuangan dalam lingkungan ke sistem jaringan pembuangan air hujan dan jaringan limbah kota, juga harus dapat dijangkau oleh pelayanan jaringan air bersih dan listrik. Selain itu, Pemerintah Indonesia juga mengatur perencanaan pembangunan rumah susun yang di atur dalam Undang-Undang Nomor 20 tahun 2011 tentang Rumah Susun yang menyebutkan pembangunan rumah susun harus memperhatikan kondisi fisik tanah, kepatuhan zonasi, dan ketersediaan sarana dan prasarana.

Menurut (Ilhamsyah, 2020) faktor pemilihan lokasi apartemen atau bangunan vertikal sama halnya

dengan pembangunan hunian nonvertikal, menurutnya hal yang perlu dipertimbangkan adalah luas lahan untuk pembangunan apartemen yaitu sekurang-kurangnya seluas 1,5 ha, waktu tempuh perjalanan untuk mencapai tempat kerja dan pusat kota tidak lebih dari 30 menit, pusat pelayanan kota serta ukuran bentuk topologi dari lahan. Menurut Penelitian Sari (2021) faktor penentu lokasi apartemen memiliki lima aspek yaitu aspek tata ruang, fisik lingkungan, aksesibilitas, sarana dan prasarana yang terbagi menjadi 13 parameter seperti yang disajikan pada **Tabel 1**, yaitu:

**Tabel 1** Faktor Penentu Lokasi Apartemen

No.	Aspek	Kriteria
1.	Tata Ruang	Kesesuaian tata guna lahan
		Harga tanah
2.	Fisik dan lingkungan	Jenis tanah
		Kemiringan lereng
		Daerah potensi banjir
3.	Aksesibilitas	Jenis Batuan
		Jaringan jalan
4.	Sarana	Sarana kesehatan
		Sarana pendidikan
		Pusat perbelanjaan
		Sarana Rekreasi
5.	Prasarana	Jaringan bersih
		Sungai
		Infrastruktur Pemerintah

**II.3 Skor Parameter Penentu Lokasi Apartemen**

Parameter penelitian didapatkan dari hasil sintesa tinjauan pustaka yang memiliki pengaruh dalam lokasi apartemen. Adapun skor tiap parameter yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2**, yaitu:

**Tabel 2** Skoring Kriteria Apartemen

Parameter	Kriteria	Skor
<b>Jenis Tanah</b>	Aluvial, Tanah Glei, Planosolm Hidromorf Kelabu, Laterit Air Tanah	5
	Latosol	4
	Brown Forest Soil, Non Calsic Brown, Mediteran	3
	Andosol, Laterit, Grumosol, Pendsol, Pedosolit	2
	Regosol, Litosol, Organosol, Renzina	1
<b>Daerah Potensi Banjir</b>	Rendah	5
	Sedang	3
	Tinggi	1
<b>Kemiringan (%)</b>	0-2	5
	2-15	4
	15-25	3
	25-40	2
	>40	1
<b>Jaringan Air Bersih (m)</b>	0-500	5
	500-1000	4
	1000-1500	3
	1500-2000	2
	>2000	1

Jaringan Jalan (m)	0-500	5
	500-1000	4
	1000-1500	3
	1500-2000	2
	>2000	1
Sarana Kesehatan (m)	0-1000	5
	1000-3000	3
	>3000	1
Sarana Pendidikan (m)	0-200	5
	200-400	4
	400-800	2
	>800	1
Pusat Perbelanjaan (m)	0-1000	5
	1000-3000	4
	3000-5000	2
	>5000	1
Harga Tanah	<100.000	5
	100.000-500.000	4
	500.000-2.000.000	3
	2.000.000-10.000.000	2
	>10.000.000	1
Sungai (m)	0-25	5
	25-50	4
	50-75	3
	75-100	2
	>100	1
Jenis Batuan	Endapan Alluvium	3
	Batuan Beku	2
	Batuan Sedimen	1
Rekreasi	0-1000	5
	1000-3000	4
	3000-5000	2
Infrastruktur Pemerintahan	0-500	5
	500-1000	4
	1000-1500	3
	1500-2000	2
	>2000	1

#### II.4 AHP

AHP merupakan metode yang pengambilan keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. metode ini dilakukan untuk menemukan solusi dari permasalahan dengan cara melakukan perbandingan berpasangan antar faktor. AHP sering digunakan dalam metode pemecahan masalah karena memiliki kelebihan seperti struktur yang berhierarki sampai pada sub kriteria yang paling dalam, sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis (Syarifullah, 2010), AHP memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi sebagai kriteria dalam pengambilan keputusan, dan AHP memperhitungkan daya tahan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan.

#### II.5 Criteria Importance Through Intercriteria Correlation (CRITIC)

Metode CRITIC digunakan untuk menghitung bobot objektif, ide utama dari metode ini adalah dengan menggunakan intensitas kontras dan korelasi indikator untuk mengukur koefisien dari bobot indeks (Choo, 1999) tetapi tanpa memperhitungkan diskresi atau pendapat para ahli terhadap data. CRITIC merupakan

salah satu metode yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan dengan banyak parameter atau biasa disebut dengan Multi Criteria Decision Making (MCDM), tujuan utama dalam MCDM adalah untuk mengukur nilai preferensi keseluruhan dari alternatif yang ada sehingga nanti didapatkan skor atau bobot dari masing masing indeks.

#### II.6 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 probablistik, sehingga komputer mengambil semua kemungkinan yang ada dan menstimulasikannya hingga didapatkan angka yang terbaik untuk memecahkan suatu masalah (Kratika & dkk, 2001).

Genetic Algorithm dimulai dengan membuat sekumpulan solusi yang disebut populasi yang diwakili oleh kromosom, besar dan ukuran populasi dipertahankan sampai didapatkan nilai terbaik dari populasi tersebut, pada setiap generasi diperhatikan fitness dari setiap kromosom dan dipilih kromosom terbaik untuk dijadikan parent sesuai dengan nilai fitness terbaiknya. Setelah didapatkan parent dari populasi, maka parent tersebut dikawinkan dan menghasilkan beberapa keturunan, crossover dan mutasi terjadi secara acak setelah perkawinan tersebut, proses evolusi terus diulang sampai kondisi akhir terpenuhi (Kumar & dkk, 2010).

Penggunaan Genetic Algorithm adalah mencari rumus menggunakan serangkaian data untuk mengetahui keluaran data baru. Pada penelitian kali ini, Genetic Algorithm digunakan untuk mencari nilai optimum berdasarkan hasil pembobotan dari AHP dan CRITIC, fitness function atau rumus yang digunakan untuk mencari kombinasi dari bobot tersebut adalah

$$\min f(a) = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n |\tilde{w}_{ij} - \hat{w}_j| \dots \dots \dots (1)$$

$$\sum_{j=1}^n \hat{w}_j = 1$$

Dimana  $\tilde{w}_{ij}$  menunjukkan bobot parameter ke-j metode ke-i,  $\hat{w}_j$  menunjukkan bobot yang dihasilkan oleh Genetic Algorithm, n adalah jumlah indeks parameter, serta p adalah jumlah metode yang digunakan (Tan, 2020). Tahapan yang digunakan dalam metode Genetic Algorithm secara umum adalah inisiasi, seleksi, reproduksi, dan terminasi.

#### II.7 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Menurut (Aronoff, 1993) Sistem Informasi Geografis adalah sistem berbasis komputer yang memiliki kemampuan dalam mengoperasikan data geospasial seperti memasukkan data, manajemen data, manipulasi dan analisis data, dan menghasilkan keluaran (output) yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan. (Harmon & Anderson, 2003) menyebutkan secara rinci mengenai komponen yang

ada pada sistem informasi geografis meliputi orang, aplikasi, data, software, dan hardware. SIG memiliki kemampuan dalam menggabungkan berbagai titik tertentu di bumi, menggabungkan, menganalisis, dan akhirnya memetakan hasilnya atau menampilkan dalam format grafik atau tabel. Data yang diolah merupakan data spasial, yaitu data yang memiliki koordinat dan sistem referensinya.

**III. Metodologi Penelitian**

**III.1 Alat dan Data Penelitian**

Berikut adalah peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu:

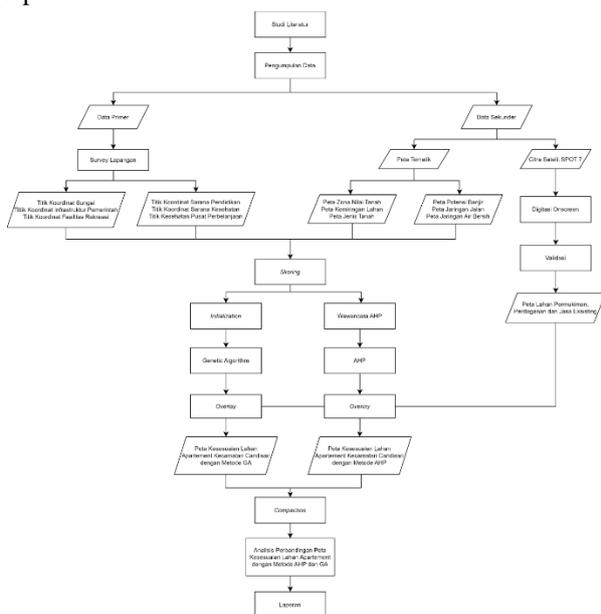
1. Perangkat Keras (*Hardware*) yang digunakan adalah Laptop Acer Spin-3
2. Perangkat Lunak yang digunakan antara lain:
  - a. ArcGIS Desktop 10.7.1
  - b. Microsoft Office 2019
  - c. Matlab 2016
  - d. Envi Classic 5.1
  - e. Mobile Topographer

Data yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Peta administrasi, jenis tanah, jaringan jalan, jenis batuan, jenis tanah, dan aliran sungai dari Distaru Kota Semarang
2. Peta jaringan air bersih dari PDAM Titra Moedal Semarang
3. Peta zona nilai tanah dari BPN Kota Semarang
4. Peta potensi banjir dari BPBD Kota Semarang
5. DEMNAS dari Badan Informasi Geospasial
6. Citra SPOT-7 2021 dari LAPAN
7. Data koordinat sarana pendidikan, sarana kesehatan, pusat perbelanjaan, dan fasilitas rekreasi

**III.2 Diagram Alir**

Penelitian ini membutuhkan diagram alir seperti:



**Gambar 1** Diagram Alir Penelitian

**III.3 Pengolahan Data Penelitian**

Tahapan ini merupakan pembuatan peta parameter yang nantinya dapat digunakan untuk menghasilkan peta kesesuaian lahan apartemen, tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan *Buffering* pada Jalan, Jaringan Air Bersih, dan sungai  
 Pada tahapan ini *buffer* dilakukan dengan memanfaatkan fitur *multiple ring buffer* di ArcGIS sesuai dengan interval yang ditentukan pada **Tabel 2**.
2. Pembuatan *Service Area* Fasilitas Umum  
 Tahapan ini memanfaatkan *network analyst tool* yang ada di ArcGIS terhadap titik sarana kesehatan, sarana pendidikan, fasilitas rekreasi, dan pusat perbelanjaan sesuai dengan **Tabel 2**.
3. Pembuatan Peta Kemiringan  
 Tahapan ini dilakukan dengan mengolah DEMNAS yang didapatkan dari BIG, memanfaatkan fitur *slope* dan melakukan klasifikasi sesuai dengan **Tabel 2**.

**III.4 Pembobotan AHP**

Proses dalam penyusunan bobot metode AHP diawali dengan melakukan wawancara dengan developer Candiland Apartement yaitu Ibu Dewi Wulandari, setelah selesai dilakukannya wawancara selanjutnya perhitungan bobot dimulai dari pembuatan matriks *pairwise comparison*, perhitungan nilai Eigen, dan menghitung vektor jumlah tertimbang (VJT) yang digunakan untuk menghitung *Consistency Ratio* (CR). Setelah dihitung didapati CR sebesar 0,06 atau CR < 0,1 sehingga hasil wawancara tersebut konsisten dan dapat digunakan untuk tahap selanjutnya. Bobot yang didapatkan dari hasil wawancara adalah sebagai berikut:

**Tabel 3** Hasil Pembobotan AHP

Paramater	AHP
Sungai	0,038
Potensi Banjir	0,012
Sarana Pendidikan	0,013
Sarana Rekreasi	0,016
Pusat Pemerintahan	0,021
Jenis Tanah	0,069
Pusat Perbelanjaan	0,070
Sarana Kesehatan	0,129
Jaringan Jalan	0,124
Harga Tanah	0,101
Jaringan Air Bersih	0,124
Kemiringan Lereng	0,273
Jenis Batuan	0,010

**III.5 Pembobotan CRITIC**

Proses penyusunan bobot dengan metode CRITIC dilakukan dengan membuat cell pada ArcGIS agar didapati matriks keputusan yang digunakan untuk perhitungan bobot, setelah pembuatan cell selesai didapati matriks 729 x 13 yang mewakili daerah Candisari dan parameter yang digunakan. Perhitungan bobot diawali dengan melakukan normalisasi matriks keputusan, lalu mencari intensitas kontras dengan menghitung standart deviasi dari setiap parameter,

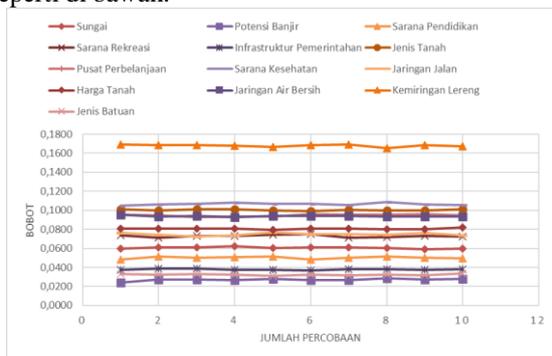
selanjutnya adalah pembuatan matriks 13x13 dimana isi setiap cell merupakan korelasi data antar parameter. Tahapan terakhir adalah pembuatan matriks *measurement conflict* yang nantinya dijumlahkan dan dikalikan dengan standart deviasi yang sudah dihitung sebelumnya sehingga didapatkan bobot dari setiap parameter, berikut adalah hasil pembobotan dari metode CRITIC:

**Tabel 4 Hasil Pembobotan CRITIC**

Paramater	Critic
Sungai	0,079
Potensi Banjir	0,032
Sarana Pendidikan	0,085
Sarana Rekreasi	0,134
Pusat Pemerintahan	0,055
Jenis Tanah	0,126
Pusat Perbelanjaan	0,115
Sarana Kesehatan	0,095
Jaringan Jalan	0,027
Harga Tanah	0,071
Jaringan Air Bersih	0,065
Kemiringan Lereng	0,062
Jenis Batuan	0,054

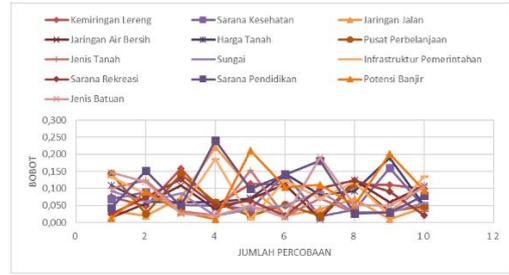
**III.6 Pembobotan GA**

Proses pembobotan GA dilakukan dengan menentukan *upper bound* (ub) dan *lower bound* (lb) dimana pada penelitian ini diambil dari bobot metode AHP dan GA. Jumlah kromosom pada penelitian ini adalah 20 dengan *maxgen* nya adalah 250 dan parameter GA adalah  $P_c=0,9$   $P_m=0,1$  dan  $E_r=0,1$ . parameter GA ini berfungsi untuk menentukan cepat atau lambatnya ditemukan solusi terbaik dari fungsi yang sudah ditetapkan yaitu pada rumus 1. Setelah dilakukan running sebanyak 10 kali, didapatkan hasil seperti di bawah:



**Gambar 2 Persebaran Nilai GA**

Pada gambar diatas dapat dilihat sebaran nilai GA setelah *running* sebanyak 10 kali mendapati hasil yang konsisten, perubahan nilai yang dihasilkan tidak jauh antar data, hal ini terjadi karena adanya pembatasan nilai atau kontrol bobot dari metode AHP dan CRITIC. Jika *running* GA dilakukan tanpa batas atau hanya dari 0-1, maka nilai yang didapatkan sangat beragam dan tidak konsisten seperti gambar:



**Gambar 3 Sebaran Nilai GA Tanpa Kontrol**

Fungsi yang ditetapkan GA pada penelitian ini merupakan fungsi minimal, sehingga bobot yang diambil adalah bobot yang memiliki *fitness value* terendah atau mendekati nol yaitu pada percobaan ke-9 yang memiliki *fitness value* sebesar 0,045736. Berikut adalah bobot yang dihasilkan dari metode GA:

**Tabel 5 Hasil Pembobotan GA**

Paramater	GA
Sungai	0,060
Potensi Banjir	0,024
Sarana Pendidikan	0,048
Sarana Rekreasi	0,074
Pusat Pemerintahan	0,038
Jenis Tanah	0,101
Pusat Perbelanjaan	0,095
Sarana Kesehatan	0,105
Jaringan Jalan	0,076
Harga Tanah	0,080
Jaringan Air Bersih	0,096
Kemiringan Lereng	0,169
Jenis Batuan	0,033

**III.7 Pembuatan Peta Kesesuaian Apartemen**

Pembuatan peta kesesuaian lahan apartemen dilakukan dengan memanfaatkan fitur *union* yaitu menggabungkan semua peta parameter dan menghitung nilai disetiap atribut sesuai dengan bobot dari metode AHP dan GA. Setelah didapatkan nilai per atribut, selanjutnya dilakukan klasifikasi menggunakan metode *equal interval*, berikut adalah batas nilai klasifikasi:

**Tabel 6 Batas Nilai Klasifikasi**

Kelas	Batas Nilai	
	AHP	GA
Kurang Sesuai	0-2,3234	0-2,3001
Cukup Sesuai	2,3234-3,6468	2,3001-3,6006
Sangat Sesuai	3,6468-4,9701	3,6006-4,9009

Setelah didapatkan model peta kesesuaian lahan apartemen, dilakukan *intersect* dengan peta permukiman, perdagangan dan jasa sehingga didapati peta kesesuaian lahan apartemen di Kecamatan Candisari dari metode AHP dan GA

**IV. Hasil dan Pembahasan**

**IV.1 Hasil Pembobotan AHP**

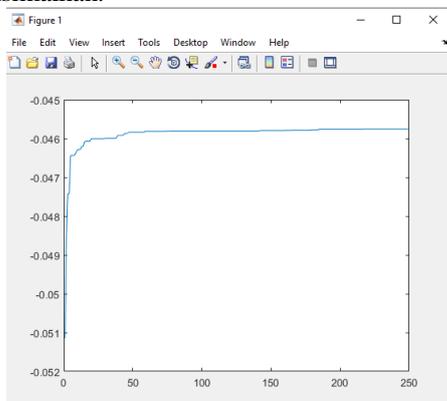
Berdasarkan **Tabel 3** dapat dilihat parameter utama yang dijadikan prioritas dalam pembangunan lahan apartemen adalah Kemiringan Lereng, hal ini menjadi logis karena daerah Candisari merupakan daerah yang rawan longsor, sehingga untuk menjamin keamanan serta meminimalisir kerugian, pemilihan kelerengan menjadi salah satu yang terpenting. Pada

prioritas ke 2 dan 3 terdapat sarana kesehatan dan jaringan jalan dengan bobot yang sama yaitu 12%. Jaringan jalan memiliki peran dalam aksesibilitas untuk para penghuni unit apartemen, karena peran apartemen sebagai tempat tinggal atau tempat istirahat bagi konsumennya. Maka jaringan jalan yang baik akan memudahkan dan memberikan kenyamanan bagi orang yang ingin membeli apartemen tersebut.

Dua parameter terakhir dan sekaligus parameter terendah adalah potensi banjir dan jenis batuan yang hanya memiliki pembobotan sebesar 1%. Potensi banjir tidak menjadi prioritas karena daerah Candisari merupakan dataran tinggi sehingga kemungkinan akan banjir sangat rendah, dan jenis batuan kurang diperhatikan karena dianggap tidak berpengaruh banyak dalam pembangunan apartemen

**IV.2 Hasil Pembobotan GA**

Metode *Genetic Algorithm* diaplikasikan dengan mengkombinasi bobot AHP dan CRITIC, dimana AHP bersifat subjektif dan CRITIC bersifat objektif sehingga bobot yang dihasilkan bergantung pada tiga atribut yaitu diskresi data, korelasi dan intensitas kontras. Metode *Genetic Algorithm* dimulai dengan membangkitkan populasi acak sebanyak n populasi dengan m variable, pada penelitian ini populasi yang ditetapkan berjumlah 20 dan variabelnya berjumlah 13. Batas nilai setiap variabel diatur sesuai dengan nilai yang didapatkan dari AHP dan CRITIC, hal ini bertujuan agar proses pencarian nilai terbaik dapat dimaksimalkan.



**Gambar 4** *fitness value* dari setiap generasi

Pada **Gambar 5** diperlihatkan nilai *fitness* setiap generasi yang semakin lama semakin mendekati nol, karena fungsi nilai *fitness* dalam penelitian ini merupakan fungsi minimum, maka nilai yang mendekati nol adalah nilai yang terbaik.

Berdasarkan **Tabel 5** dapat dilihat dua bobot tertinggi dan terendah pada *Genetic Algorithm* sama dengan bobot pada metode AHP, yaitu kemiringan lereng dan sarana kesehatan untuk bobot tertinggi serta jenis batuan dan potensi banjir untuk bobot terendah, walaupun persentasenya berbeda karena adanya penyesuaian dengan metode CRITIC. Hasil dari bobot *Genetic Algorithm* semakin menegaskan pentingnya kemiringan lereng dan sarana kesehatan pada pemilihan lokasi untuk apartemen di Kecamatan

Candisari, selain itu parameter potensi banjir memiliki pengaruh yang sangat kecil karena wilayah Candisari merupakan wilayah dataran tinggi sehingga kecil kemungkinan didapatinya bencana banjir.

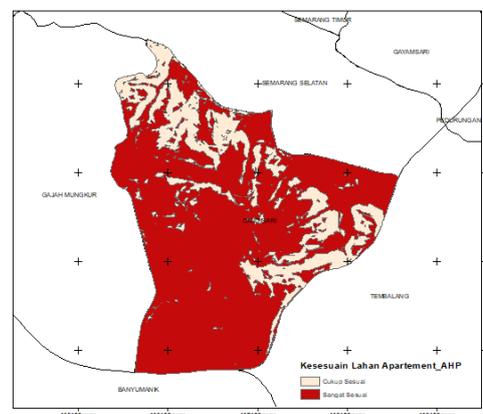
**IV.3 Analisis Kesesuaian Lahan Apartemen**

Hasil dari peta kesesuaian lahan apartemen dari metode AHP dan GA tidak memiliki perbedaan yang besar, dari luas wilayah serta sebaran wilayah yang dihasilkan cenderung mirip. Hal ini dikarenakan pembuatan peta kesesuaian lahan apartemen baik menggunakan metode AHP maupun metode GA didasarkan dari bobot parameter yang sudah ditentukan. Berikut adalah urutan bobot dari AHP dan GA:

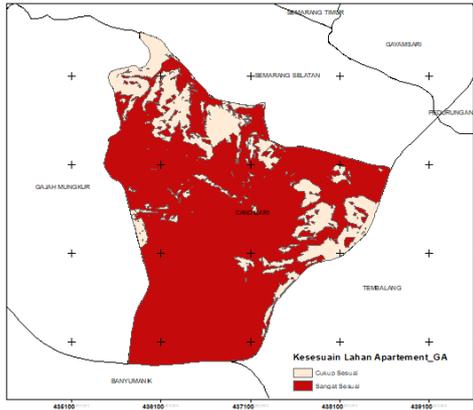
**Tabel 7** Perbedaan Urutan Bobot AHP dan GA

Paramater	Peringkat	
	AHP	GA
Kemiringan Lereng	1	1
Sarana Kesehatan	2	2
Jaringan Jalan	3	7
Jaringan Air Bersih	4	4
Harga Tanah	5	6
Pusat Perbelanjaan	6	5
Jenis Tanah	7	3
Sungai	8	9
Pusat Pemerintahan	9	11
Sarana Rekreasi	10	8
Sarana Pendidikan	11	10
Potensi Banjir	12	13
Jenis Batuan	13	12

Berdasarkan **Tabel 7** pada metode AHP dan GA bobot tertinggi didominasi oleh parameter kemiringan lereng dengan sebesar 27% untuk AHP dan 17% untuk GA disusul oleh sarana kesehatan dengan bobot 13% untuk AHP dan 10% untuk GA serta parameter terendah dari metode AHP dan GA adalah jenis batuan dan potensi banjir yang hanya mendapatkan bobot sebesar 1% untuk AHP dan 3% untuk GA dari hasil ini maka peringkat bobot yang dihasilkan dari metode AHP dan GA tidak jauh berbeda, karena hal ini lah perbedaan hasil peta kesesuaian lahan apartemen dari metode AHP dan GA tidak signifikan. Berikut adalah hasil dari peta kesesuaian lahan apartemen yang didapatkan dari metode AHP dan GA.



**Gambar 5** Hasil Metode AHP



Gambar 6 Hasil Metode GA

Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8 dapat dilihat bahwa sebaran daerah potensi lahan apartemen di Kecamatan Candisari memiliki dua kelas, yaitu cukup sesuai dan sangat sesuai, dimana kelas cukup sesuai disimbolkan dengan warna cream sedangkan kelas sangat sesuai disimbolkan dengan warna merah. Dari kedua metode tersebut menghasilkan sebaran area yang sama, yaitu wilayah selatan merupakan daerah yang sangat sesuai sedangkan bagian utara dan bagian tenggara didominasi oleh kelas cukup sesuai. Hal ini terjadi karena wilayah bagian selatan yaitu di Kelurahan Jatingaleh dan Kaliwiru memiliki kelerengan yang relatif datar, dimana faktor kelerengan merupakan faktor utama dalam penentuan lokasi apartemen di Kecamatan Candisari, baik itu dari metode AHP maupun metode GA, sedangkan dari wilayah utara dan tenggara seperti Kelurahan Tegalsari, Jomblang, dan Karanganyar Gunung merupakan daerah yang relatif curam, serta akses ke sarana kesehatan dari ketiga Kelurahan ini cukup jauh, hal ini lah yang membuat ketiga daerah tersebut didominasi oleh kelas cukup sesuai. Berikut adalah luasan area untuk setiap kelas dimasing masing Kelurahan yang ada di Kecamatan Candisari.

Tabel 8 Luas Kelas Kesesuaian Metode AHP

No	Kelurahan	Luas Area (Ha)	Kesesuaian	
			Cukup Sesuai	Sangat Sesuai
1	Candi	67,92	16,457	51,465
2	Jatingaleh	119,317	0,558	118,759
3	Jomblang	115,95	31,996	83,954
4	Kaliwiru	52,567	0,83	51,738
5	Karanganyar Gunung	117,297	31,684	85,613
6	Tegal Sari	102,913	59,352	43,561
7	Wonotingal	81,547	8,301	73,245

Tabel 9 Luas Kelas Kesesuaian Metode GA

No	Kelurahan	Luas Area (Ha)	Kesesuaian	
			Cukup Sesuai	Sangat Sesuai
1	Candi	67,92	15,909	52,011
2	Jatingaleh	119,317	0	119,317
3	Jomblang	115,95	32,736	83,214
4	Kaliwiru	52,567	4,967	47,6
5	Karanganyar Gunung	117,297	18,242	99,055

No	Kelurahan	Luas Area (Ha)	Kesesuaian	
			Cukup Sesuai	Sangat Sesuai
6	Tegal Sari	102,913	54,414	48,499
7	Wonotingal	81,547	2,568	78,979

Berdasarkan Tabel 8 dan Tabel 9 dapat diketahui bahwa sebagian besar wilayah di Kelurahan Jatingaleh, Kaliwiru, dan Wonotingal merupakan daerah yang strategis dalam pembangunan apartemen sesuai dengan parameter yang sudah ditetapkan baik itu dilihat dari metode AHP maupun metode GA. Sedangkan untuk Kelurahan Jomblang, Karanganyar Gunung, dan Tegal Sari didapatkan wilayah yang memiliki kelas cukup sesuai berkisar antara 20-60% dari luas Kelurahanannya. Metode AHP dan GA dalam menentukan kesesuaian lahan apartemen di Kecamatan Candisari menghasilkan kesimpulan bahwa sebagian besar wilayah di Kecamatan Candisari masuk kedalam kelas sangat sesuai yaitu sebesar 511,144 ha untuk metode AHP dan 531,044 untuk metode GA yang artinya lebih dari 75% wilayah Candisari merupakan daerah yang sangat berpotensi dalam pembangunan apartemen.

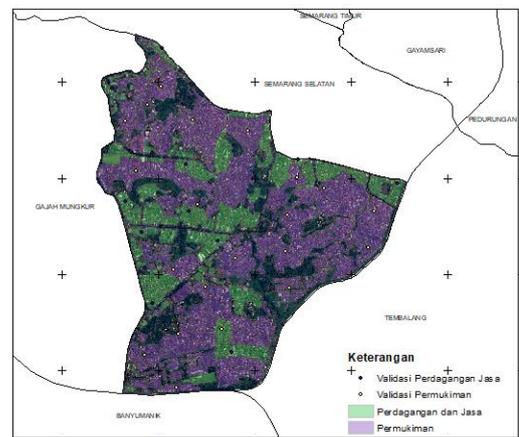
#### IV.4 Hasil Validasi Lapangan

Validasi Hasil *digitasi* dilakukan dengan tujuan untuk memastikan daerah hasil digitasi benar dan sesuai dengan keadaan asli di lapangan. Untuk menentukan jumlah sampel yang diambil di lapangan mengacu pada peraturan ISO TC 211 N 2013, hasil digitasi yang telah dilakukan memiliki 221 atribut maka sampel yang diambil berjumlah 32 sampel. Berikut adalah detail dari jumlah sampel yang diambil dari permukiman dan perdagangan dan jasa:

Tabel 10 Jumlah Populasi dan Sampel Penelitian

No	Penggunaan Lahan	Atribut	Sampel
1	Perdagangan dan Jasa	85	12
2	Permukiman	137	20
	Jumlah	221	32

Berikut adalah persebaran sampel yang disebar merata dimasing masing Kelurahan di Kecamatan Candisari yang disimbolkan dengan point seperti gambar di bawah ini:



Gambar 7 Persebaran Sampel

Setelah dilakukan validasi lapangan, maka selanjutnya adalah perhitungan jumlah kesalahan dalam klasifikasi penggunaan lahan, berikut adalah detail dari jumlah kesalahan yang didapatkan.

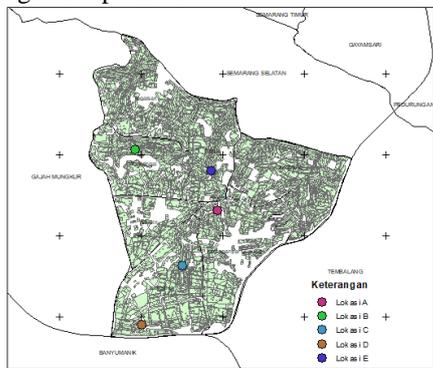
**Tabel 11** Jumlah Kesalahan Klasifikasi

No	Penggunaan Lahan	Jumlah Unsur		Kesalahan
		Atribut	Sampel	
1	Perdagangan dan Jasa	85	12	1
2	Pemukiman	137	20	2
Jumlah		221	32	3
Error Rate				9,37%

Berdasarkan **Tabel 11** dapat dihitung tingkat ketelitian dari hasil klasifikasi terhadap validasi di lapangan yaitu sebesar 90,63%, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil digitasi dengan menggunakan citra SPOT-7 benar dan dapat digunakan dalam penelitian ini. Hal tersebut karena pada proses digitasi menggunakan bantuan *Google Street View* untuk melihat kesesuaian citra dengan keadaan di lapangan yang sebenarnya.

**IV.5 Penentuan Lokasi Alternatif Apartemen**

Berdasarkan hasil intersect dari union parameter dan hasil digitasi yang terdiri dari permukiman, perdagangan dan jasa, terdapat beberapa lokasi yang strategis dalam pembangunan apartemen hal ini dikarenakan lokasi tersebut memiliki nilai tertinggi dalam pembobotan, baik dengan menggunakan metode AHP maupun metode GA, serta memenuhi syarat dalam pembangunan lahan apartemen dengan luas minimal 1,5 ha. Berikut adalah lima titik lokasi yang paling strategis di Kecamatan Candisari dalam pembangunan apartemen.



**Gambar 8** Lokasi Pengembangan Apartemen

**A. Lokasi A**

Lokasi A berada pada Kelurahan Karanganyar Gunung dengan luas lahan yang direncanakan sebesar 1,54 ha, wilayah ini memiliki kelerengan 2-15%, Lokasi A berada dekat dengan sarana dan prasarana di Kecamatan Candisari, memiliki jenis tanah mediteran coklat tua dan harga tanah di wilayah ini Rp.2.000.000-Rp. 5.000.000 per meter persegi sehingga wilayah ini cocok untuk dibangun apartemen.

**B. Lokasi B**

Lokasi B berada di Kelurahan Wonotingal dengan luas lahan yang direncanakan adalah 2,06 ha, wilayah ini memiliki kelerengan 0-2%, Lokasi B berada dekat dengan sarana dan prasarana di Kecamatan Candisari, memiliki jenis tanah mediteran coklat tua dan harga

tanah di wilayah ini Rp.5.000.000-Rp. 10.000.000 per meter persegi sehingga wilayah ini cocok untuk dibangun apartemen.

**C. Lokasi C**

Lokasi C berada di Kelurahan Candi dengan luas wilayah yang direncanakan adalah 2,47 ha, wilayah ini memiliki kelerengan 0-2%, Lokasi C berada dekat dengan sarana dan prasarana di Kecamatan Candisari, memiliki jenis tanah asosiasi aluvial kelabu dan harga tanah di wilayah ini Rp.1.000.000-Rp. 2.000.000 per meter persegi sehingga wilayah ini cocok untuk dibangun apartemen.

**D. Lokasi D**

Lokasi D berada di Kelurahan Jatingaleh dengan luas wilayah yang direncanakan adalah 2,31 ha, wilayah ini memiliki kelerengan 2-15% Lokasi D berada dekat dengan sarana dan prasarana di Kecamatan Candisari, memiliki jenis tanah mediteran coklat tua dan harga tanah di wilayah ini Rp.1.000.000-Rp. 2.000.000 per meter persegi wilayah ini cocok untuk dibangun apartemen.

**E. Lokasi E**

Lokasi E berada di Kelurahan Jatingaleh dengan luas wilayah yang direncanakan adalah 2,28 ha, wilayah ini memiliki kelerengan 0-2%, Lokasi E berada dekat dengan sarana dan prasarana di Kecamatan Candisari, memiliki jenis tanah mediteran coklat tua dan harga tanah di wilayah ini Rp.2.000.000-Rp. 5.000.000 per meter persegi sehingga wilayah ini cocok untuk dibangun apartemen.

**V. Kesimpulan dan Saran**

**V.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat diambil kesimpulan diantaranya yaitu:

1. Hasil dari model kesesuaian lahan apartemen di Kecamatan Candisari menggunakan metode AHP didapati dua kelas untuk klasifikasinya yaitu kelas Cukup Sesuai dan Sangat Sesuai. Pada metode AHP didapati luas wilayah yang masuk kedalam kelas Sangat Sesuai memiliki luas 511,144 ha yang artinya sekitar 77% dari wilayah Candisari merupakan daerah yang berpotensi untuk pembangunan apartemen. Wilayah yang sangat berpotensi dalam pembangunan apartemen yaitu daerah jatingaleh dan kaliwuru, karena lebih dari 95% wilayah di Kelurahan ini masuk kedalam kelas Sangat Sesuai, sedangkan untuk kelas Cukup Sesuai didominasi di Kelurahan Tegalsari, dimana 60% Kelurahan Tegalsari masuk kedalam kelas Cukup Sesuai dan hanya 40% wilayahnya yang masuk kedalam kelas Sangat Sesuai.
2. Hasil dari model kesesuaian lahan apartemen di Kecamatan Candisari dengan metode GA menghasilkan dua kelas yaitu Cukup Sesuai dan Sangat Sesuai yang mana dengan metode GA menghasilkan kelas Sangat Sesuai sebesar 531,044 atau 80% dari luas wilayah Candisari sedangkan sisanya masuk kedalam kelas Cukup Sesuai. Kelurahan Jatingaleh merupakan

wilayah yang sangat berpotensi dalam pembangunan apartemen, dimana sebanyak 119,318 ha atau 100% wilayah nya masuk kedalam kelas Sangat Sesuai, sedangkan Kelurahan Tegalsari merupakan wilayah dengan kelas Cukup Sesuai terbesar yaitu 54,414 ha atau 55% dari luas wilayah Kelurahan tersebut.

3. Pembuatan peta kesesuaian lahan apartemen baik menggunakan metode AHP maupun metode GA didasarkan dari bobot parameter yang sudah ditentukan, pada metode AHP dan GA bobot tertinggi didominasi oleh parameter kemiringan lereng dengan sebesar 27% untuk AHP dan 17% untuk GA disusul oleh sarana kesehatan dengan bobot 13% untuk AHP dan 10% untuk GA serta parameter terendah dari metode AHP dan GA adalah jenis batuan dan potensi banjir yang hanya mendapatkan bobot sebesar 1% untuk AHP dan 3% untuk GA. Jika bobot antara AHP dan GA diurutkan mulai dari yang tertinggi hingga terendah maka peringkat bobot yang dihasilkan oleh kedua metode ini tidak jauh berbeda, hanya parameter jenis tanah dan jaringan jalan yang memiliki selisih cukup jauh, yaitu sebesar empat peringkat, sedangkan parameter yang lain hanya berbeda 1-2 peringkat antara satu dengan yang lainnya, karena hal ini lah perbedaan hasil peta kesesuaian lahan apartemen dari metode AHP dan GA tidak signifikan, selain luas area yang dihasilkan disetiap klasifikasi antara kedua metode ini tidak jauh berbeda, persebaran area yang dihasilkan juga mirip yaitu area yang paling sesuai untuk pembangunan apartemen adalah daerah Jatingaleh karena lebih dari 95% daerah tersebut masuk ke kelas Sangat Sesuai dan daerah yang memiliki kelas cukup sesuai terbanyak ada di Kelurahan Tegalsari dengan lebih dari 50% area daerah tersebut masuk kedalam kelas Cukup Sesuai baik dilihat dari hasil metode AHP maupun GA.

## V.2 Saran

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilaksanakan, terdapat saran-saran untuk penelitian selanjutnya agar lebih baik diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan faktor rawan bencana di lokasi apartemen sebaiknya memperhatikan atau mengkaji topografi daerah tersebut terlebih dahulu, jika daerah tersebut merupakan dataran tinggi, maka faktor seperti daerah rawan banjir sebaiknya dihilangkan dan jika merupakan dataran rendah, maka faktor seperti daerah rawan longsor dapat dihilangkan.
2. Penentuan responden dalam penilaian bobot disetiap parameter sebaiknya menggunakan lebih dari 1 responden agar hasilnya lebih beragam dan tidak terpaku dari satu pendapat saja.
3. Faktor seperti jenis batuan dan daerah rawan banjir sebaiknya dihilangkan saja, karena tidak

relevan dengan pembangunan apartemen di Kecamatan Candisari berdasarkan pembobotan dari tiga metode.

4. Penggunaan metode GA dalam pemetaan sebaiknya dilakukan untuk penelitian peta yang bisa divalidasi agar secara konkrit dapat melihat tingkat akurasi dari metode ini

## DAFTAR PUSTAKA

### Pustaka dari Buku dan Jurnal Penelitian:

- Adil, A. (2017). *Sistem Informasi Geografis*. Yogyakarta: ANDI.
- Aziz, M. A. (2016). Faktor Lokasi Apartemen Menengah di Surabaya Timur Berdasarkan Preferensi Stakeholders. *Repository ITS*.
- Choo, E. U. (1999). Interpretation of Criteria Weight in Multicriteria Decision Making. *Computers & Industrial Engineering*, 527-541.
- Kumar, M., & dkk. (2010). Genetic Algorithm: Review and Application. *International Journal of Information Technology and Knowledge Management*, 451-454.
- Mathew, T. V. (2012). *Genetic Algorithm*. Mumbay: datajobstest.
- Ponjavic, M. (2006). Geographic Information System and Genetic Algorithm Application for Multicriterial Land Valorization in Spatial Planning. *Vienna*, 13-16.
- Sari, S. I. (2022). Analisis Potensi lahan Apartemen Menggunakan Metode AHP dan Graphical Modelling. *Jurnal Geodesi Undip*.
- Tan, F. (2020). Suitability Evaluation of Underground Space Based on Finite Interval Cloud Model and Genetic Algorithm Combination Weight. *Tunneling and Underground Space Technology*.

### Pustaka dari Wawancara:

- Wulandari, Dewi. 2022. "Faktor Penentu Lokasi Apartemen". *Hasil Wawancara Pribadi*: 7 Juli 2022. Developer Candiland Apartemen.