

**ANALISIS POLA DISTRIBUSI SPASIAL KETERKAITAN KEPADATAN
PENDUDUK DAN KERAPATAN BANGUNAN MELALUI *GOOGLE EARTH*
ENGINE MENGGUNAKAN METODE *NORMALIZED DIFFERENCE BUILT-UP*
*INDEX***

Darwin Noviansyah¹, Erwin Hermawan², Nurul Kamilah³

Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Jl. KH Sholeh Iskandar Km 2 Kota Bogor

Email: darwinnoviansyah@gmail.com

ABSTRACT

Bogor City is geographically located in the middle of the Bogor Regency area and is very close to the capital city. Based on the results of the 2020 Population Census, the population of Bogor City is 1,043,070 million people and will continue to increase every year. Population growth and road development will affect the development of existing buildings in the City of Bogor so that it will have negative impacts such as a decrease in public health, a decrease in the quality of housing and incompatibility with regional spatial planning. Conditions of building density can be obtained by using an algorithm Normalized Difference Built-up Index (NDBI) through Google Earth Engine (G E E). Google Earth Engine (GEE) is one platform based satellite image processing cloud computation). The results of processing satellite imagery that have been processed on the Google Earth Engine (GEE) using the method Normalized Difference Built-up Index (NDBI) obtained an accuracy test value of the kappa coefficient of 83.01 indicating that the NDBI processing results obtained a good value. These results can be used as material for consideration for the local government to implement policies related to regional spatial planning in the city of Bogor. Output from this research in the form of information based on population density and building density in the city of Bogor for the 2001-2021 period WEBGIS.

Keywords: Google Earth Engine, Population Density, Building Density, Normalized Difference Built-up Index.

Riwayat Artikel :

Tanggal diterima : 11-10-2023

Tanggal revisi : 23-10-2023

Tanggal terbit : 24-10-2023

DOI :

<https://doi.org/10.31949/infotech.v9i2.7001>

INFOTECH journal by Informatika UNMA is licensed under CC BY-SA 4.0

Copyright © 20xx By Author



1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Berdasarkan hasil Sensus Penduduk tahun 2020, jumlah penduduk Kota Bogor, sebanyak 1.043.070 juta jiwa. Semakin banyak penduduk di Kota Bogor maka semakin banyak juga lahan terbangun, hal ini menyebabkan kerapatan bangunan dari tahun ke tahun terus meningkat dan semakin berkurangnya Non pemukiman yang ada di Kota Bogor [1]. Perubahan kerapatan bangunan terjadi karena tingginya intensitas pertumbuhan penduduk [2]. Pertumbuhan penduduk Kota Bogor dapat memicu semakin tingginya pembangunan sehingga dapat mengakibatkan dampak negatif seperti penurunan kesehatan masyarakat, penurunan kualitas tempat tinggal dan ketidaksesuaian dengan tata ruang wilayah, dari tahun 2001 sampai sekarang hal ini diakibatkan oleh meningkatnya kerapatan bangunan [3]. Hal ini dapat diamati dengan melakukan analisis indeks kerapatan bangunan dengan memantau perkembangan jumlah penduduk, kondisi kerapatan bangunan dapat diperoleh dengan pengolahan data menggunakan algoritma *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) [4]. Pemetaan lahan terbangun sangat penting dilakukan sebagai dasar pengambilan keputusan perubahan lahan [5]. Salah satu untuk mendapatkan informasi kepadatan penduduk dan kerapatan bangunan yang akan digunakan, data yang digunakan berupa penginderaan jauh atau citra satelit [6]. *Google Earth Engine* (GEE) merupakan platform pengolahan citra satelit berbasis (*cloud computation*). Hasil klasifikasi tutupan lahan dengan menggunakan *Google Earth Engine* (GEE) dapat memberikan akurasi yang tinggi. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *overall accuracy* sebesar 96,458% dan *kappa accuracy* sebesar 93,851% berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ridho Fariz, Trida. Pada tahun 2018 [7]. Dalam penelitian yang dilakukan oleh GAO *et.al* metode NDBI menghasilkan hasil yang sangat akurat dan lebih efisien dibandingkan dengan metode klasifikasi terbimbing. Karena lebih berfokus ke perkotaan atau lahan terbangun [8]. NDBI adalah digunakan untuk menghitung luas bangunan. Riset yang menggunakan indeks NDBI lebih menonjolkan kepadatan bangunan perkotaan. NDBI merupakan transformasi yang efektif untuk mengidentifikasi kenampakan area terbangun. Hasil akurasi penelitian yang dilakukan adalah sebesar 91,4505% akurasi yang melebihi 80% itu menunjukkan akurasi yang sangat tinggi [9]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Tulung *et.al*, NDBI adalah transformasi yang efektif untuk memetakan kawasan terbangun perkotaan secara otomatis [10]. Hasil dari pengolahan NDBI yang digunakan untuk penelitian mendapatkan hasil yang sangat positif. Hasil pengolahan algoritma *Normalized Difference Built-up index* (NDBI) dapat dijadikan sebagai parameter identifikasi lahan terbangun dan dapat menjadi salah satu pertimbangan pemerintah setempat untuk melakukan kebijakan terkait tata ruang wilayah yang ada di Kota Bogor [5]. Berdasarkan permasalahan di

atas peneliti akan menganalisis bagaimana pola terjadinya fenomena kerapatan bangunan dan penduduk di Kota Bogor, dengan menggunakan metode NDBI (*Normalized Difference Built-up index*) dan menampilkannya dalam bentuk *WEBGIS*.

1.2. Rumusan Masalah

Perujukan Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana analisis pola perubahan kerapatan bangunan dan kepadatan penduduk periode 2001-2021 ?
2. Bagaimana melakukan uji akurasi pola sebaran NDBI dan hasil survei lapangan ?
3. Bagaimana memvisualisasikan fenomena kerapatan bangunan dan kepadatan penduduk di Kota Bogor ?

1.3. Tujuan Penelitian

Sesuai rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pola perubahan distribusi spasial kerapatan bangunan dan kepadatan penduduk periode 2001-2021 di Kota Bogor.
2. Mengetahui perkembangan kerapatan bangunan dan kepadatan penduduk dengan melakukan uji akurasi hasil pola sebaran NDBI.
3. Menampilkan informasi mengenai kerapatan bangunan dalam bentuk *WEBGIS*.

1.4. Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak menyimpang dari permasalahan yang ada, maka penulis membatasi permasalahan yakni sebagai berikut :

1. Identifikasi yang dilakukan pola perubahan kerapatan bangunan dan kepadatan penduduk di Kota Bogor.
2. Studi kasus penelitian ini di Kota Bogor dan analisis yang digunakan periode tahun 2001-2021.
3. Hasil penelitian di tampilkan di *WEBGIS*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Google Earth Engine*

Google Earth Engine (GEE) adalah platform komputasi awan yang dirancang untuk menyimpan dan memproses set data besar (skala *petabyte*) untuk analisis dan pengambilan keputusan akhir. *Google* mengarsipkan semua set data dan menaunkannya ke cloud mesin komputasi untuk penggunaan open source arsip data saat ini yang termasuk dari satelit lain serta set data vektor berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG), sosial, demografis, cuaca, model, elevasi digital, dan lapisan data iklim. Pengguna juga dapat menambahkan dan membuat data sendiri dan untuk mendeteksi perubahan, kecenderungan peta, dan mengukur permukaan bumi tidak seperti sebelumnya. Yang mencakup area sekitar *vegetasi* pemantauan, pemetaan lahan pertanian, penilaian ekosistem [11].

2.2. Analisis spasial

Karakteristik utama Sistem Informasi Geografi adalah kemampuan menganalisis sistem seperti analisa statistik dan *overlay* yang disebut analisa spasial. Analisa dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi yang sering digunakan dengan istilah analisa spasial, tidak seperti sistem informasi yang lain yaitu dengan menambahkan dimensi ‘ruang (*space*)’ atau geografi. Kombinasi ini menggambarkan atribut-attribut pada bermacam fenomena seperti umur seseorang, tipe jalan, dan sebagainya, yang secara bersama dengan informasi seperti dimana seseorang tinggal atau lokasi suatu jalan. Analisa Spasial dilakukan dengan meng-*overlay* dua peta yang kemudian menghasilkan peta baru hasil analisis [12].

2.3. Normalized Difference Built Index

Normalized Difference Built Index (NDBI) akan focus menyoroti daerah perkotaan atau kawasan terbangun di mana biasanya ada pemantulan yang lebih tinggi pada area *shortwave infrared* (SWIR), jika di dibandingkan dengan area *Near-infrared* (NIR). Model ini sangat bermanfaat untuk memonitoring serta perencanaan penggunaan lahan. NDBI awalnya dikembangkan untuk digunakan dengan *Landsat TM* band 5 dan 4. Namun, ia akan bekerja dengan sensor *multispektral* dengan band *shortwave infrared* (SWIR) antara 1,55-1,75 m dan band *Near-infrared* (NIR) antara 0,76 – 0,9 m berikut persamaan NDBI. [13]

$$NDBI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR)$$

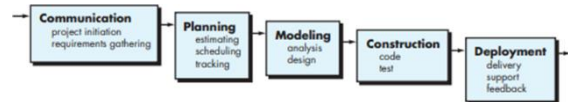
NDBI merupakan salah satu metode algoritma yang menggunakan gelombang inframerah tengah dan inframerah dekat (NIR) yaitu dengan menggunakan band 5 dan band 6. Nilai rentang *spectral* NDBI berkisar, 1 – 0,3 (As syakur, 2012). Persamaan NDBI sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Tabel NDBI

No	Kelas	Nilai	Keterangan
1	Kelas 1	-1 – 0	Non bangunan
2	Kelas 2	0 – 0,1	Kerapatan bangunan rendah
3	Kelas 3	0,1 – 0,2	Kerapatan bangunan sedang
4	Kelas 4	0,2 – 0,3	Kerapatan bangunan tinggi

2.4. Model waterfall

Model *waterfall* adalah model klasik yang bersifat sistematis, berurutan dalam membangun *software*. Nama model ini sebenarnya adalah “*Linear Sequential Model*”. Model ini sering disebut dengan “*Classic Life Cycle*” atau model *waterfall*. Tahapan utama dari model *waterfall* langsung mencerminkan aktifitas pengembangan dasar. Terdapat 5 tahapan pada model *waterfall*, yaitu *communication, planning, modelling, construction, deployment* [14]. Model *Waterfall* dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut :



2.5. WEBGIS

WEBGIS adalah aplikasi GIS yang dibuat menggunakan PHP dan kemudian ditampilkan secara luas di *World Wide Web* sehingga Banyak orang akan memiliki akses mudah untuk melihat informasi geografis. Pengembangan dan implementasi *WebGIS* akan mendukung distribusi data geografis. Sehingga dengan adanya *WebGIS* akan membantu masyarakat untuk mencari informasi tentang letak geografis dengan mudah dan detail [15].

2.6. Quantum GIS

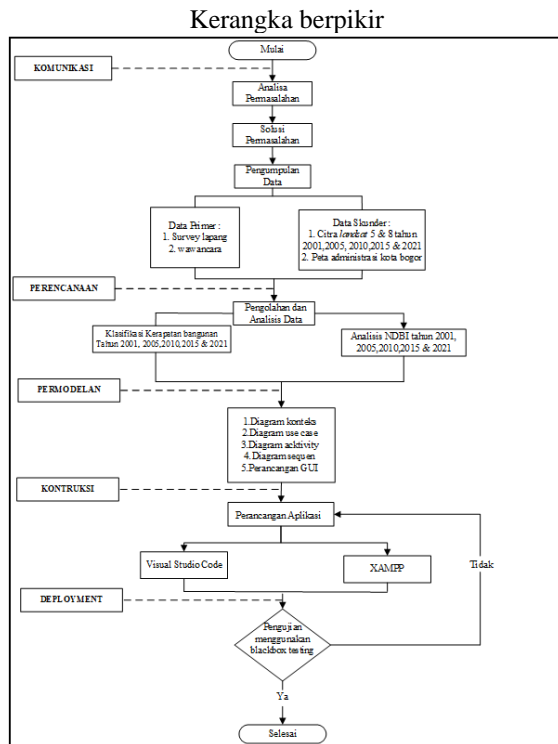
Quantum GIS (QGIS) merupakan *software* pengolahan data spasial terbuka (*open source*) yang mulai populer pada tahun 2000 an. Dikutip dari Aditya L. Ramadona dan Hari Kusnanto (2010) menyatakan bahwa “*Quantum GIS* bermula secara resmi pada bulan Mei 2002. Ide ini dipersiapkan pada Bulan Februari 2002, yakni ketika Gary Sherman mulai mencari *GIS viewer* untuk *Linux* yang cepat serta mendukung berbagai tipe penyimpanan data. Rilis pertama *Quantum GIS* diluncurkan pada 19 Juli 2002. Rilis pertama ini hanya mendukung layer *PostGIS*” [16].

2.7. ArcGIS

ArcGIS adalah salah satu perangkat lunak yang dikembangkan oleh ESRI (*Environment Science & Research Institue*) yang merupakan kompilasi fungsi-fungsi dari berbagai macam perangkat lunak GIS yang berbeda seperti GIS *desktop, server,* dan GIS berbasis web. Perangkat lunak ini mulai dirilis oleh ESRI Pada tahun 1999. Produk utama dari ArcGIS adalah ArcGIS *desktop*, dimana ArcGIS *desktop* merupakan perangkat lunak GIS profesional yang komprehensif [26]. ArcGIS adalah produk sistem kebutuhan *software* yang merupakan kumpulan dari produk - produk *software* lainnya dengan tujuan untuk membangun sistem SIG yang lengkap [27].

3. METODE PENELITIAN

Waktu penelitian ini dimulai pada bulan maret 2022, tempat penelitian berlokasi di Kota Bogor



Gambar 3.1. Kerangka Berpikir

3.1. Perencanaan

Pada tahap perencanaan ini peneliti melakukan pengolahan dan analisis data. Adapun data yang digunakan meliputi : Citra Landsat 5 tahun 2001,2005,2010, Citra Landsat 8 tahun 2015, 2021, dan batas administrasi Kota Bogor. Pada tahap pengolahan data klasifikasi kerapatan bangunan di kota bogor menggunakan data dari Google Earth Engine dengan metode NDBI dan melakukan observasi lapangan untuk mengambil sebuah sampel,adapun sampel yang di ambil yaitu : Peta NDBI Non bangunan, NDBI Kerapatan bangunan jarang, NDBI Kerapatan bangunan rapat dan NDBI kerapatan bangunan sangat rapat berikut contoh sampel yang udah di ambil pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Tabel Kerapatan bangunan

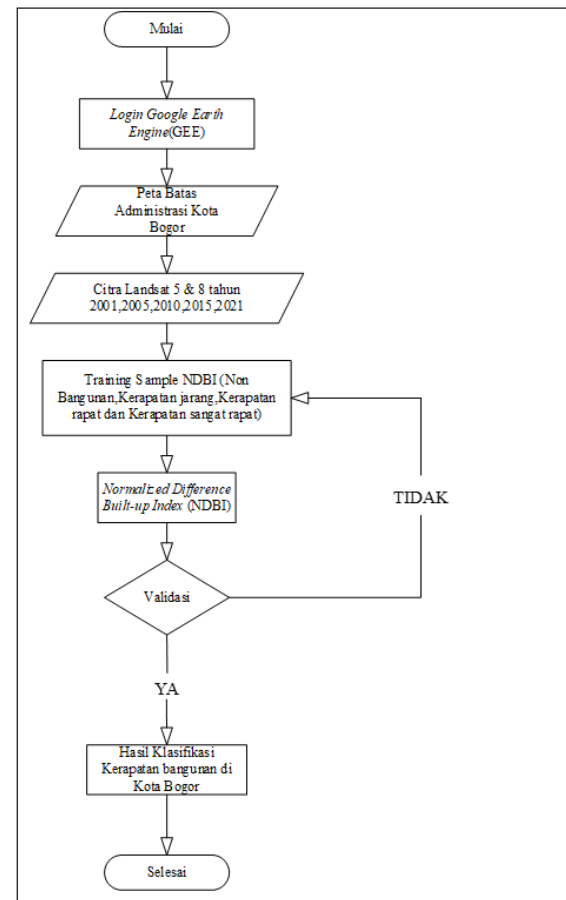
No	Kelas	Google Earth Resolusi Tinggi	Landsat 5 & 8
1	Non Bangunan		
2	Kerapatan bangunan jarang		
3	Kerapatan bangunan sedang		
4	Kerapatan bangunan tinggi		

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini melakukan pengolahan data spasial dengan menggunakan Google Earth Engine untuk mendapatkan nilai NDBI untuk menghitung kerapatan bangunan dan keraptan bangunan di Kota Bogor. Kemudian dengan Arcgis mengolah nilai dari NDBI untuk di petakan dengan berbasis WEBGIS.

4.1. Pengolahan dan Analisis Data

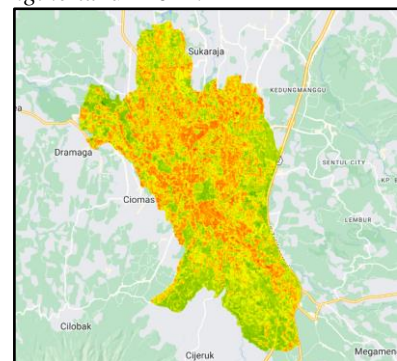
Data Pengolahan dan Analisis Data merupakan data spasial diantaranya data Citra Landsat 5 tahun 2001,2005 dan 2010, Citra Landsat 8 tahun 2015 dan 2021 dan batas administrasi Kota Bogor. Berikut yang di tunjukan pada Gambar 4.1.



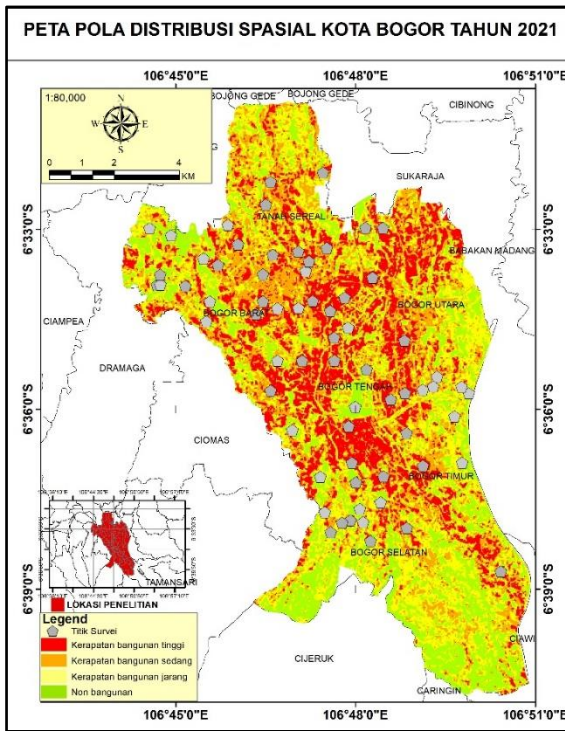
Gambar 4.1. Flowchart pengolahan data spasial

4.2. Pengolahan hasil NDBI

Peta hasil pengolahan NDBI Kota Bogor di Google Earth Engine tahun 2021.



Gambar 4.2. Hasil pengolahan NDBI 2021



Gambar 4.3. Hasil pengolahan NDBI 2021

4.3. Analisa perubahan luasan & presentase kerapatan NDBI tiap Kecamatan di Kota Bogor Tahun 2001-2021

Data Analisa perubahan luasan kerapatan non bangunan dominan paling tinggi di temui di Kecamatan Bogor Selatan dengan seluas (1.403,82 atau 46.22 Ha). Kelas kerapatan jarang dominan paling tinggi di temui di Kecamatan Tanah Sareal dengan seluas (890,18 atau 39,13 Ha). Kelas kerapatan sedang dominan paling tinggi di temui di Kecamatan Bogor Tengah dengan seluas (292,58 atau 30,57 Ha). Kelas terakhir untuk kerapatan tinggi berada di Kecamatan Bogor Tengah (300,35 atau 31,38 Ha). Analisa kelas perubahan kerapatan bangunan pada Tahun 2001 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 kelas kerapatan bangun di Kota Bogor 2001

Kecamatan	Luasan Tahun 2001 (Ha)				Luas Total (Ha)
	NB	KJ	KS	KT	
Bogor Barat	757,52	675,44	508,49	342,38	2.283,83
Bogor Selatan	1.403,82	890,18	493,90	249,61	3.037,51
Bogor Tengah	187,69	176,37	292,58	300,35	956,99
Bogor Timur	352,65	339,14	259,22	124,64	1.075,64
Bogor Utara	386,56	688,31	426,47	274,84	1.776,18
Tanah Sareal	490,39	831,78	527,96	275,82	2.125,95
Luas Total (Ha)	3.578,64	3.601,23	2.508,62	1.567,63	11.850,00

Note: (NB)Non bangunan(KJ)Kerapatan jarang(KS)Kerapatan sedang(KT)Kerapatan tinggi.

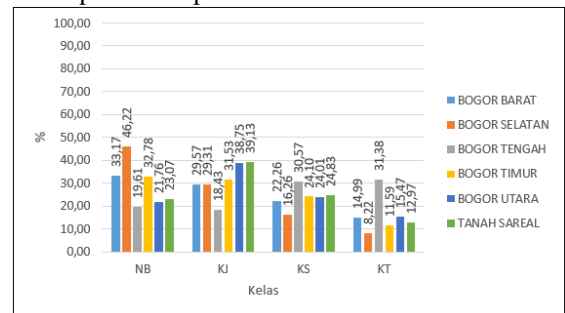
Perkembangan persentase luasan Kecamatan di Kota Bogor Tahun 2001 dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4. 1 Luas Kerapatan Bangunan di Kota Bogor Tahun 2001

Kecamatan	NB	KJ	KS	KT	Total (%)
Bogor Barat	33,17	29,57	22,26	14,99	100
Bogor Selatan	46,22	29,31	16,26	8,22	100
Bogor Tengah	19,61	18,43	30,57	31,38	100
Bogor Timur	32,78	31,53	24,10	11,59	100
Bogor Utara	21,76	38,75	24,01	15,47	100
Tanah Sareal	23,07	39,13	24,83	12,97	100

Note: (NB)Non bangunan(KJ)Kerapatan jarang(KS)Kerapatan sedang(KT)Kerapatan tinggi.

Berdasarkan grafik perkembangan kerapatan bangunan di Kota Bogor tahun 2001. Kelas kerapatan non bangunan yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Bogor Selatan sebesar 46,22 Ha. Kelas kerapatan jarang yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Tanah Sareal sebesar 39,13 Ha. Kelas kerapatan sedang & tinggi yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Bogor Tengah sebesar 30,57 & 31,38 Ha. dapat dilihat pada Gambar 4.20



Gambar 4. 4. Grafik kerapatan bangunan di kota bogor 2001

Analisa perubahan luasan kerapatan non bangunan dominan paling tinggi di temui di Kecamatan Bogor Selatan dengan seluas (1.330,14 atau 45,43 Ha). Kelas kerapatan jarang dominan paling tinggi di temui di Kecamatan Bogor Timur dengan seluas (595,87 atau 34,13 Ha). Kelas kerapatan sedang dominan paling tinggi di temui di Kecamatan Tanah Sareal dengan seluas (445,66 atau 28,44 Ha). Kelas terakhir untuk kerapatan tinggi berada di Kecamatan Bogor Tengah (358,41 atau 38,71 Ha). Analisa kelas perubahan kerapatan bangunan pada Tahun 2005 dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 2 Kelas Kerapatan Bangunan di Kota Bogor Tahun 2005

Kecamatan	Luasan Tahun 2005 (Ha)				Luas Total (Ha)
	NB	KJ	KS	KT	
Bogor Barat	710,69	618,92	547,31	406,97	2.283,89
Bogor Selatan	1.330,14	852,93	453,74	290,92	2.927,73
Bogor Tengah	150,34	163,64	253,60	358,41	925,99
Bogor Timur	300,42	299,61	261,19	154,42	1.015,64
Bogor Utara	355,89	595,87	445,66	348,67	1.746,08
Tanah Sareal	459,73	671,05	581,92	333,16	2.045,86
Luas Total (Ha)	3.307,21	3.202,02	2.543,41	1.892,56	11.850,00

Note: (NB)Non bangunan(KJ)Kerapatan jarang(KS)Kerapatan sedang(KT)Kerapatan tinggi.

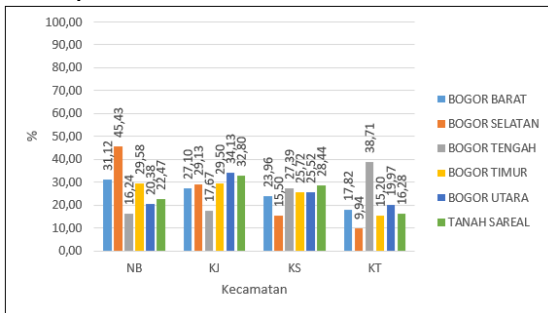
Perkembangan persentase luasan Kecamatan di Kota Bogor Tahun 2005 dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4. 3 Luas Kerapatan Bangunan di Kota Bogor Tahun 2005

Kecamatan	NB	KJ	KS	KT	Total (%)
Bogor Barat	31,12	27,10	23,96	17,82	100
Bogor Selatan	45,43	29,13	15,50	9,94	100
Bogor Tengah	16,24	17,67	27,39	38,71	100
Bogor Timur	29,58	29,50	25,72	15,20	100
Bogor Utara	20,38	34,13	25,52	19,97	100
Tanah Sareal	22,47	32,80	28,44	16,28	100

Note: (NB)Non bangunan(KJ)Kerapatan jarang(KS)Kerapatan sedang(KT)Kerapatan tinggi

Berdasarkan grafik perkembangan kerapatan bangunan di Kota Bogor tahun 2005. Kelas kerapatan non bangunan yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Bogor Selatan sebesar 45,43 Ha. Kelas kerapatan jarang yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Bogor Utara sebesar 34,13 Ha. Kelas kerapatan sedang yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Tanah Sareal sebesar 28,44 Ha. Kelas kerapatan tinggi yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Bogor Tengah sebesar 38,71 Ha. dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5.3 Grafik kerapatan bangunan di kota bogor 2005

Analisa perubahan luasan kerapatan non bangunan dominan paling tinggi di temui di Kecamatan Bogor Selatan dengan seluas (1.222,78 atau 42,49 Ha). Kelas kerapatan jarang dominan paling tinggi di temui di Kecamatan Bogor Timur dengan seluas (459,55 atau 29,72 Ha). Kelas kerapatan sedang dominan paling tinggi di temui di Kecamatan Tanah Sareal dengan seluas (596,40 atau 31,46 Ha). Kelas terakhir untuk kerapatan tinggi berada di Kecamatan Bogor Tengah (380,00 atau 43,33 Ha). Analisa kelas perubahan kerapatan bangunan pada Tahun 2010 dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4. 4 Kelas Kerapatan Bangunan Kota Bogor Tahun 2010

Kecamatan	Luasan Tahun 2010 (Ha)				Luas Total (Ha)
	NB	KJ	KS	KT	
Bogor Barat	690,29	570,05	570,38	441,50	2.272,22
Bogor Selatan	1.222,78	801,81	453,65	399,55	2.877,80
Bogor Tengah	113,68	159,82	223,50	380,00	876,99
Bogor Timur	286,03	309,86	281,38	188,37	1.065,64
Bogor Utara	290,23	459,55	460,28	336,04	1.546,09
Tanah Sareal	359,53	548,86	596,40	391,04	1.895,83
Luas Total (Ha)	2.962,55	2.849,95	2.585,61	2.136,48	11.850,00

Note: (NB)Non bangunan(KJ)Kerapatan jarang(KS)Kerapatan sedang(KT)Kerapatan tinggi

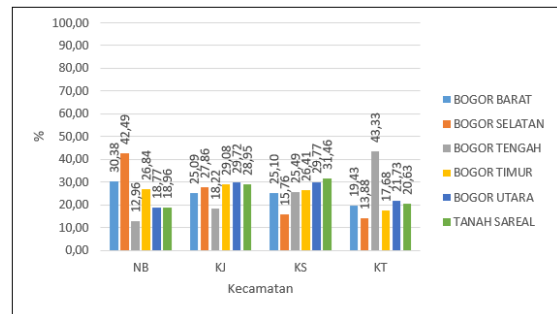
Perkembangan persentase luasan Kecamatan di Kota Bogor Tahun 2010 dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 5 Luas Kerapatan Bangunan Kota Bogor Tahun 2010

Kecamatan	NB	KJ	KS	KT	Total (%)
Bogor Barat	30,38	25,09	25,10	19,43	100
Bogor Selatan	42,49	27,86	15,76	13,88	100
Bogor Tengah	12,96	18,22	25,49	43,33	100
Bogor Timur	26,84	29,08	26,41	17,68	100
Bogor Utara	18,77	29,72	29,77	21,73	100
Tanah Sareal	18,96	28,95	31,46	20,63	100

Note: (NB)Non bangunan(KJ)Kerapatan jarang(KS)Kerapatan sedang(KT)Kerapatan tinggi

Berdasarkan grafik perkembangan kerapatan bangunan di Kota Bogor tahun 2010. Kelas kerapatan non bangunan yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Bogor Selatan sebesar 42,49 Ha. Kelas kerapatan jarang yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Bogor Utara sebesar 29,72 Ha. Kelas kerapatan sedang yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Tanah Sareal sebesar 31,46 Ha. Kelas kerapatan tinggi yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Bogor Tengah sebesar 43,33 Ha. dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6.4 Grafik kerapatan bangunan di kota bogor 2010

Analisa perubahan luasan kerapatan non bangunan dominan paling tinggi di temui di Kecamatan Bogor Selatan dengan seluas (1.120,78 atau 37,16 Ha). Kelas kerapatan jarang dominan paling tinggi di temui di Kecamatan Bogor Selatan dengan seluas (833,77 atau 27,64 Ha). Kelas kerapatan sedang dominan paling tinggi di temui di Kecamatan Bogor Utara dengan seluas (466,78 atau 30,32 Ha). Kelas terakhir untuk kerapatan tinggi berada di Kecamatan Bogor Tengah (394,62 atau 46,05 Ha). Analisa kelas perubahan kerapatan bangunan pada Tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4. 6 Kelas Kerapatan Bangunan Kota Bogor Tahun 2015

Kecamatan	Luasan Tahun 2015 (Ha)				Luas Total (Ha)
	NB	KJ	KS	KT	
Bogor Barat	599,54	509,68	583,99	586,94	2.280,14
Bogor Selatan	1.120,78	833,77	511,39	550,56	3.016,50
Bogor Tengah	96,31	149,07	217,00	394,62	856,99
Bogor Timur	240,03	285,20	275,28	242,52	1.043,04
Bogor Utara	231,50	382,28	466,78	459,01	1.539,57
Tanah Sareal	303,62	517,07	588,27	574,18	1.983,13
Luas Total (Ha)	2.591,78	2.677,07	2.642,71	2.807,82	11.850,00

Note: (NB)Non bangunan(KJ)Kerapatan jarang(KS)Kerapatan sedang(KT)Kerapatan tinggi

Perkembangan persentase luasan Kecamatan di

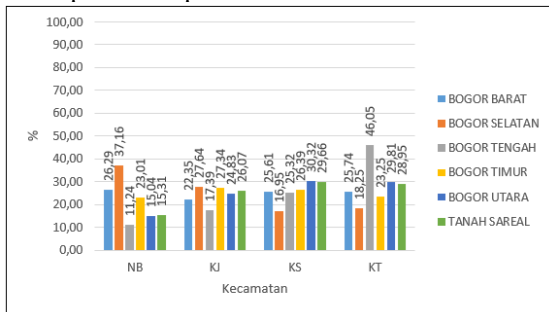
Kota Bogor Tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4. 7 Luas Kerapatan Bangunan Kota Bogor Tahun 2015

Kecamatan	NB	KJ	KS	KT	Total (%)
Bogor Barat	26,29	22,35	25,61	25,74	100
Bogor Selatan	37,16	27,64	16,95	18,25	100
Bogor Tengah	11,24	17,39	25,32	46,05	100
Bogor Timur	23,01	27,34	26,39	23,25	100
Bogor Utara	15,04	24,83	30,32	29,81	100
Tanah Sareal	15,31	26,07	29,66	28,95	100

Note: (NB)Non bangunan(KJ)Kerapatan jarang(KS)Kerapatan sedang(KT)Kerapatan tinggi

Berdasarkan grafik perkembangan kerapatan bangunan di Kota Bogor tahun 2015. Kelas kerapatan non bangunan dan Jarang yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Bogor Selatan sebesar 33,57 & 35,20 Ha. Kelas kerapatan sedang yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Tanah Sareal sebesar 35,20 Ha. Kelas kerapatan tinggi yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Bogor Tengah sebesar 42,08 Ha. dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7.5 Grafik kerapatan bangunan di kota bogor tahun 2015

Analisa perubahan luasan kerapatan non bangunan dominan paling tinggi di temui di Kecamatan Bogor Selatan dengan seluas (1.006,32 atau 30,15 Ha). Kelas kerapatan jarang dominan paling tinggi di temui di Kecamatan Bogor Selatan dengan seluas (1.065,31 atau 31,92 Ha). Kelas kerapatan sedang dominan paling tinggi di temui di Kecamatan Tanah Sareal dengan seluas (726,25 atau 32,78 Ha). Kelas terakhir untuk kerapatan tinggi berada di Kecamatan Bogor Tengah (421,70 atau 46,49 Ha). Analisa kelas perubahan kerapatan bangunan pada Tahun 2021 dapat dilihat pada Tabel 4.94.

Tabel 4. 8 Kelas Kerapatan Bangunan Kota Bogor Tahun 2021

Kecamatan	Luasan Tahun 2021 (Ha)				Luas Total (Ha)
	NB	KJ	KS	KT	
Bogor Barat	450,17	642,04	675,48	616,12	2.383,82
Bogor Selatan	1.006,32	1.065,31	620,66	645,45	3.337,73
Bogor Tengah	85,91	161,65	237,73	421,70	906,99
Bogor Timur	218,88	366,09	291,00	429,67	1.305,64
Bogor Utara	191,49	520,71	552,74	441,22	1.706,16
Tanah Sareal	226,14	590,93	726,25	672,54	2.215,85
Luas Total (Ha)	2.178,90	3.346,73	3.103,87	3.226,70	11.850,00

Note: (NB)Non bangunan(KJ)Kerapatan jarang(KS)Kerapatan sedang(KT)Kerapatan tinggi

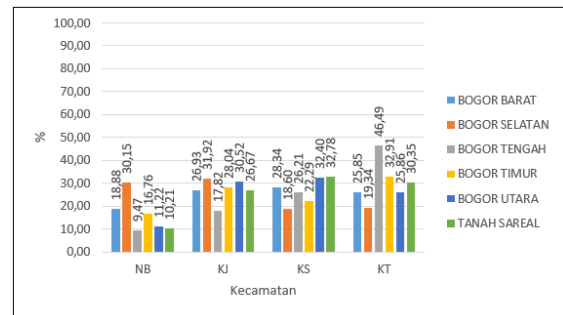
Perkembangan persentase luasan Kecamatan di Kota Bogor Tahun 2021 dapat dilihat pada dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 9 Luas Kerapatan Bangunan Kota Bogor Tahun 2021

Kecamatan	NB	KJ	KS	KT	Total (%)
Bogor Barat	18,88	26,93	28,34	25,85	100
Bogor Selatan	30,15	31,92	18,60	19,34	100
Bogor Tengah	9,47	17,82	26,21	46,49	100
Bogor Timur	16,76	28,04	22,29	32,91	100
Bogor Utara	11,22	30,52	32,40	25,86	100
Tanah Sareal	10,21	26,67	32,78	30,35	100

Note: (NB)Non bangunan(KJ)Kerapatan jarang(KS)Kerapatan sedang(KT)Kerapatan tinggi

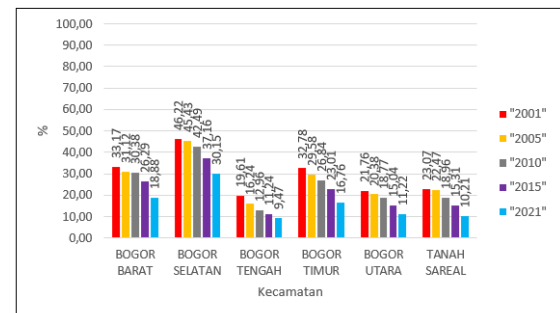
Berdasarkan grafik perkembangan kerapatan bangunan di Kota Bogor tahun 2001. Kelas kerapatan non bangunan dan jarang yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Bogor Selatan sebesar 30,15 & 31,92 Ha. Kelas kerapatan sedang yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Tanah Sareal sebesar 32,78 Ha. Kelas kerapatan tinggi yang memiliki nilai paling tinggi berada di Kecamatan Bogor Tengah sebesar 46,49 Ha. dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 86 Grafik kerapatan bangunan di kota bogor 2021

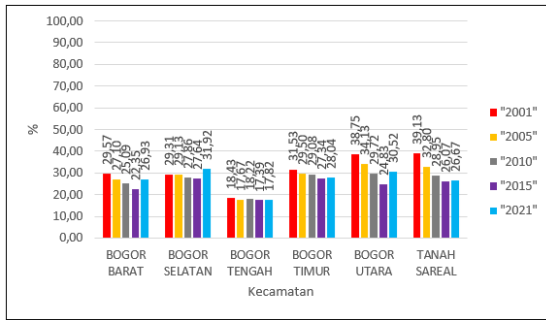
4.4. Perkembangan persentase NDBI Di Kota Bogor Dari 2001-2021

Berdasarkan grafik perkembangan skala persentase kerapatan non bangunan di Kota Bogor tahun periode 2001-2021. Perkembangan luasan kerapatan non bangunan di kota bogor dominan mengalami penurunan dari tahun ke tahun. Dapat dilihat pada Gambar 4.9.



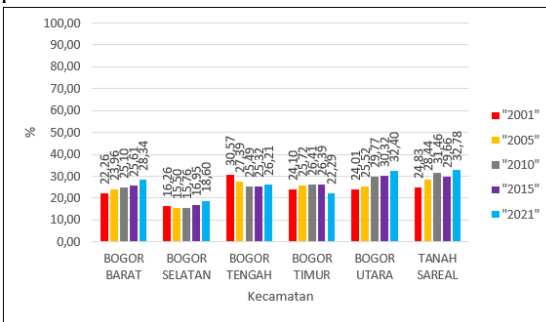
Gambar 4. 9.7 Perkembangan Persentase luasan kerapatan Non Bangunan Kota Bogor Tahun 2001-2021

Berdasarkan grafik perkembangan skala persentase kerapatan jarang di Kota Bogor tahun periode 2001-2021. Perkembangan luasan kerapatan jarang dari tahun ke tahun mengalami fluktuasi penurunan. Dapat dilihat pada Gambar 4.10.



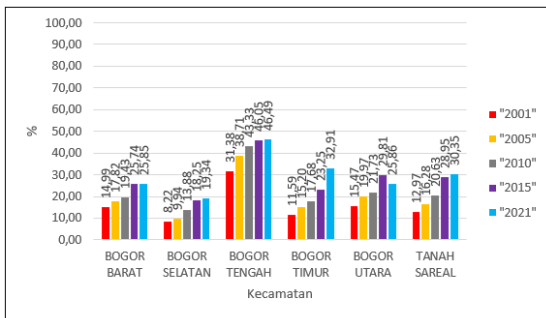
Gambar 4. 10. Perkembangan Persentase luasan kerapatan Bangunan Jarang Kota Bogor Tahun 2001-2021

Berdasarkan grafik perkembangan skala persentase kerapatan sedang di Kota Bogor tahun periode 2001-2021. Perkembangan luasan kerapatan sedang dari tahun ke tahun mengalami fluktuasi. Dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 11. Perkembangan Persentase luasan kerapatan Bangunan Sedang Kota Bogor Tahun 2001-2021

Berdasarkan grafik perkembangan skala persentase kerapatan tinggi di Kota Bogor tahun periode 2001-2021. Perkembangan luasan kerapatan tinggi di Kota Bogor dominan mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 12.8 Perkembangan Persentase luasan kerapatan Bangunan Tinggi Kota Bogor Tahun 2001-2021

4.5. Hasil uji akurasi Confusion Matrix

Hasil uji akurasi NDBI terlihat bahwa analisis NDBI untuk kerapatan bangunan sedang dicitra ada 14 bangunan, tapi tidak sesuai dengan hasil groundcheck di lapangan yang kerapatan bangunan jarang 4 dan kerapatan non bangunan 1, sehingga nilai NDBI untuk accuracy dari citra dengan di groundcheck ke lapangan yaitu 73,68% untuk pemukiman sangat rapat. Kemudian untuk

pemukiman sangat rapat dilapangan dengan yang di citra satelit tidak ada kesalahan, maka producer accuracy 100%. Hasil uji akurasi NDBI dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 10 Confusion Matrix hasil analisis NDBI dengan survey lapang

	Lokasi Hasil Ground Check Lapang				Total Baris	Ucer Accuracy
	NB	KJ	KS	KT		
NB	10	1	0	0	11	90,91
KJ	1	15	2	0	18	83,33
KS	0	3	16	1	20	80,01
KT	0	1	0	22	23	95,65
Total Kolom	11	20	18	23	72	
Producer Accuracy	90,91	75,01	88,89	95,65		

Note: (NB)Non bangunan(KJ)Kerapatan jarang(KS)Kerapatan sedang(KT)Kerapatan tinggi

1. Akurasi Pembuat / Producer's Accuracy

Dihitung dengan menghitung persentase unit analisis yang terklasifikasi benar dengan jumlah unit analisis pada kelas tersebut pada data referensi.

$$NB = \frac{10}{11} \times 100\% = 90.91\%$$

$$KJ = \frac{15}{20} \times 100\% = 75.01\%$$

$$KS = \frac{16}{18} \times 100\% = 88.89\%$$

$$KT = \frac{22}{23} \times 100\% = 95.65\%$$

2. Akurasi Pengguna / Ucer's Accuracy

Dihitung dengan menghitung persentase unit analisis yang terklasifikasi benar dengan jumlah unit analisis pada kelas tersebut pada data hasil klasifikasi.

$$NB = \frac{10}{11} \times 100\% = 90.91\%$$

$$KJ = \frac{15}{18} \times 100\% = 83.33\%$$

$$KS = \frac{16}{20} \times 100\% = 80.01\%$$

$$KT = \frac{22}{23} \times 100\% = 95.65\%$$

3. Akurasi Keseluruhan / Overall Accuracy

Perhitungan akurasi keseluruhan didapat dari perbandingan sampel yang terhitung tanpa error dengan keseluruhan total sampel. Perhitungan secara matematis sebagai berikut:

$$OA = \left(\frac{10+15+16+22}{72} \right) \times 100\% = \left(\frac{63}{72} \right) \times 100\% = 87.50\%$$

4. Kappa Accuracy

$$X_{ii} = (10 + 15 + 16 + 22) = 63 = (11 \times 11) + (20 \times 18) + (18 \times 20) + (23 \times 23) = 1.370$$

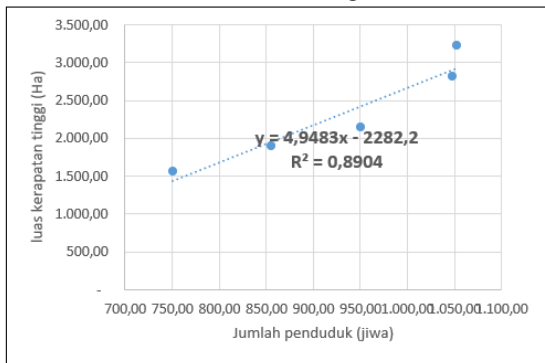
$$KA = \left(\frac{(63 \times 72) - 1.370}{(72^2) - 1.370} \right) \times 100\% = 83.01\%$$

Hasil analisa perhitungan didapatkan nilai Overall accuracy sebesar 87,50%, berdasarkan studi literatur

Accuracy assessment bisa diterima dengan nilai kappa $\geq 70\%$. Hasil penelitian ini didapatkan nilai Koefisien kappa 83,01%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai koefisien kappa dapat diterima dan cukup signifikan.

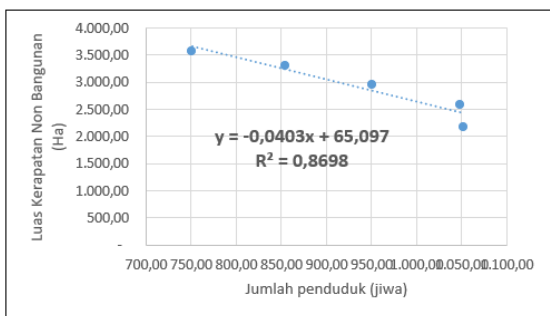
4.6. Hubungan kerapatan bangunan & kepadatan penduduk

Berdasarkan hasil grafik hubungan antara kepadatan penduduk & kerapatan bangunan di kota bogor kerapatan tinggi mengalami peningkatan berdasarkan jumlah penduduk semakin meningkat maka kerapatan bangunan akan semakin tinggi. Nilai $R^2 = 0,8904$ menunjukkan kesesuaian model dengan data. Nilai R-kuadrat yang tinggi menunjukkan bahwa model tersebut cocok dengan data.



Gambar 4. 139 Grafik hubungan antara kerapatan bangunan tinggi & kepadatan penduduk

Berdasarkan hasil grafik hubungan antara kepadatan penduduk & kerapatan bangunan di kota bogor non bangunan mengalami penurunan berdasarkan jumlah penduduk semakin meningkat maka kerapatan non bangunan akan semakin menurun. Nilai $R^2 = 0,8698$ menunjukkan kesesuaian model dengan data. Nilai R-kuadrat yang tinggi menunjukkan bahwa model tersebut cocok dengan data.



Gambar 4. 1410 Grafik hubungan antara kerapatan bangunan non bangunan & kepadatan penduduk

Tabel 4. 11 Koefisien Korelasi

NON BANGUNAN	KERAPATAN TINGGI
-0,955116939	0,943628135

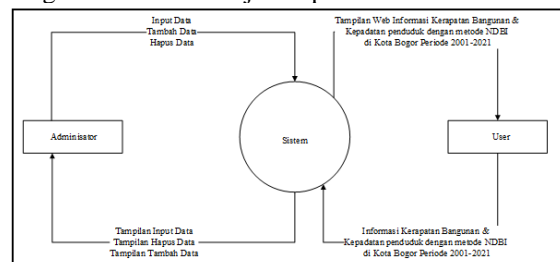
Koefisien korelasi adalah ukuran statistik dari kekuatan hubungan linier antara dua variabel. Ini adalah angka antara -1 dan 1, di mana:

- 1 menunjukkan korelasi negatif sempurna, yang berarti bahwa ketika satu variabel meningkat, variabel lainnya menurun.
- 0 menunjukkan tidak ada korelasi, artinya tidak ada hubungan yang dapat diprediksi antara kedua variabel.
- 1 menunjukkan korelasi positif sempurna, yang berarti bahwa ketika satu variabel meningkat, variabel lainnya juga meningkat.

Semakin dekat koefisien korelasi dengan 1 atau -1, semakin kuat hubungan antara kedua variabel. Koefisien korelasi 0,5, misalnya, menunjukkan korelasi positif sedang, sedangkan koefisien korelasi -0,3 menunjukkan korelasi negatif yang lemah. Hubungan antara koefisien korelasi antara non bangunan mendapatkan nilai -0 menuju ke-1 yang dapat di artikan mendapatkan nilai sempurna. Pertumbuhan penduduk menunjukkan bahwa akan mempengaruhi lahan non bangunan. Hubungan antara koefisien korelasi antara kerapatan tinggi mendapatkan nilai 0 menuju 1 yang menunjukkan nilai antara kerapatan tinggi dengan meningkatnya jumlah penduduk mendapatkan nilai positif sempurna.

4.6. Diagram Konteks

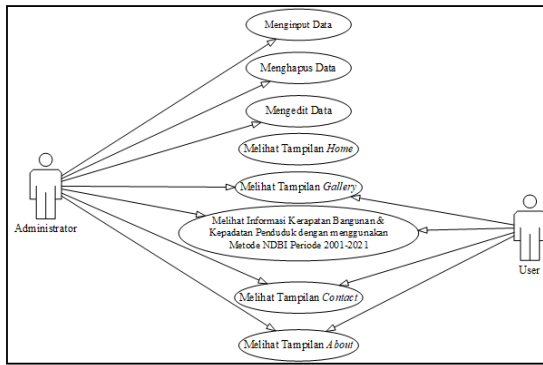
Diagram Konteks adalah sebuah proses yang menggambarkan lingkup suatu sistem. Diagram Konteks merupakan diagram yang menggambarkan proses terhadap suatu sistem yang dibuat, diagram yang digunakan untuk menetapkan konteks serta batasan system pada sebuah permodelan. Adapun diagram konteks ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 115 Diagram Konteks

4.7. Diagram Use Case

Diagram Use Case menggambarkan kegiatan aktor saat melakukan kegiatan pada sebuah sistem. Adapun diagram use case ditunjukkan pada Gambar 4.16.

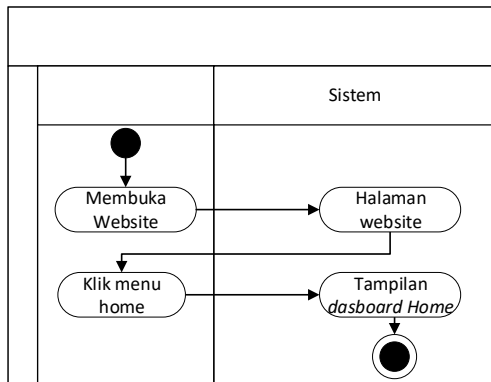


Gambar 4. 16.12 Diagram Use Case

4.8. Diagram Aktifity

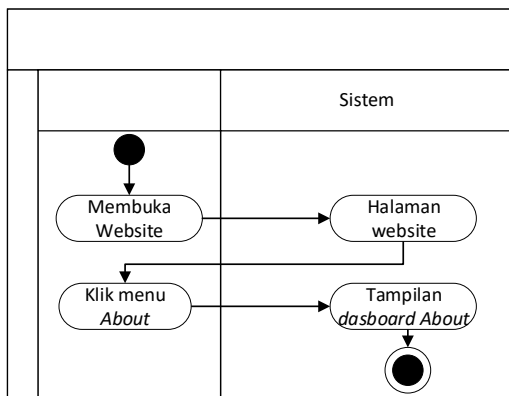
Diagram ini menggambarkan proses alur aktivitas – aktivitas yang tersedia di dalam sistem yang sedang dirancang. Diagram Aktifitas menggambarkan bagaimana suatu aktivitas berawal, *Activity* diagram melihat peta menjelaskan proses saat menjalankan fungsi untuk melihat peta penggunaan lahan di Kota Bogor dan kemungkinan apa saja penggambaran diagram aktifitas dari masing – masing aktivitas yang dapat dilakukan terhadap sistem.

a) Diagram Aktifitas *user* melihat halaman *Home* pada *WEB GIS* ditunjukkan pada Gambar 4.17.



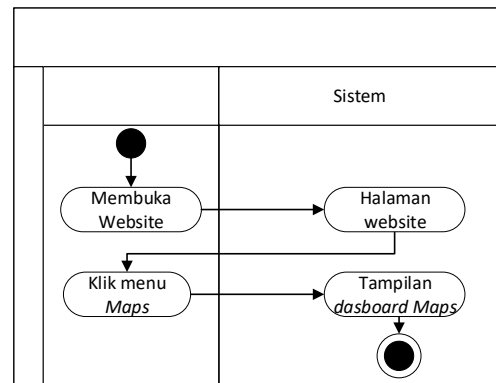
Gambar 4. 17. Diagram melihat tampilan *Home*

b) Diagram Aktifitas *user* melihat halama *about* pada *WEB GIS* ditunjukkan pada Gambar 4.18.



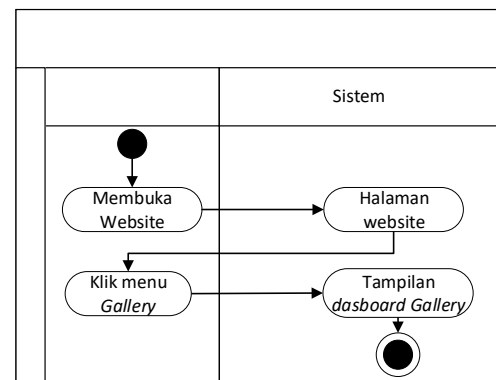
Gambar 4. 18. Diagram Aktifitas *user* melihat tampilan *About*

c) Diagram Aktifitas input data ditunjukkan pada Gambar 4.19



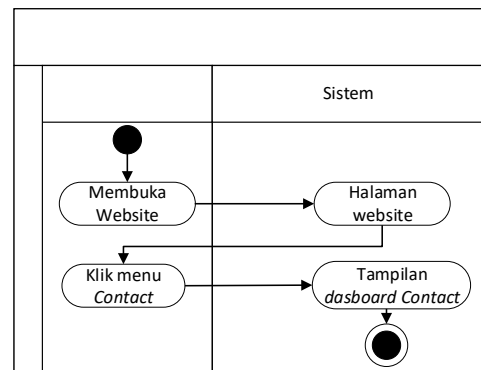
Gambar 4. 19. Diagram Aktifitas *user* melihat Tampilan *Maps*

d) Diagram Aktifitas hapus data ditunjukkan pada Gambar 4.20.



Gambar 4. 20. Diagram Aktifitas *user* melihat Tampilan *Gallery*

e) Diagram Aktifitas melihat halaman ditunjukkan pada Gambar 4.21.

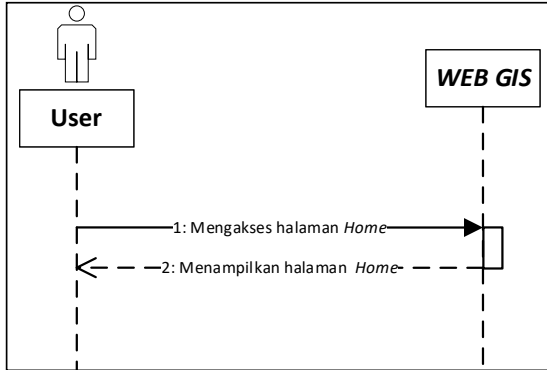


Gambar 4. 21 Diagram Aktifitas Melihat Tampilan *Contact*

4.9. Diagram Sequence

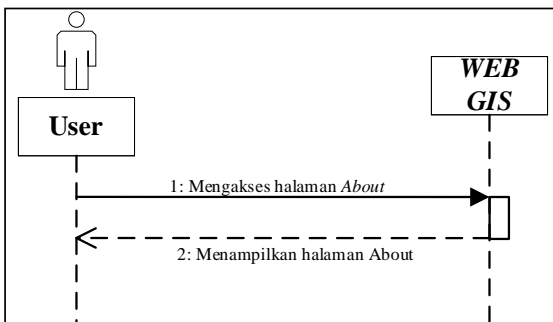
Sequence Diagram merupakan interaksi antar objek-objek dalam suatu sistem dan terjadi komunikasi berupa pesan serta parameter waktu.

- a) Diagram sekuensial *User* untuk melihat halaman *Home* ditunjukkan pada Gambar 4.22.



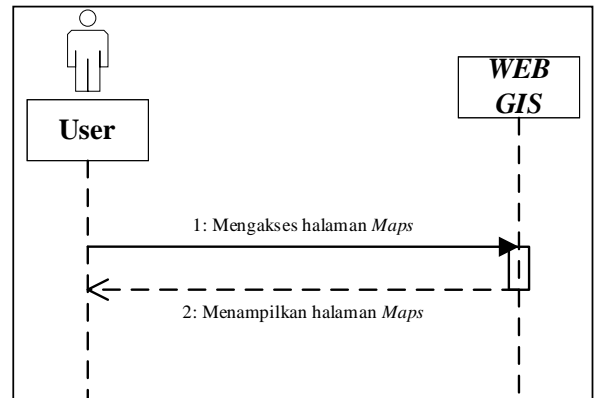
Gambar 4. 22.13 Diagram Sekuensial *User* melihat tampilan *Home*

- b) Diagram sekuensial *User* untuk melihat halaman *About* di tunjukan pada Gambar 4.23.



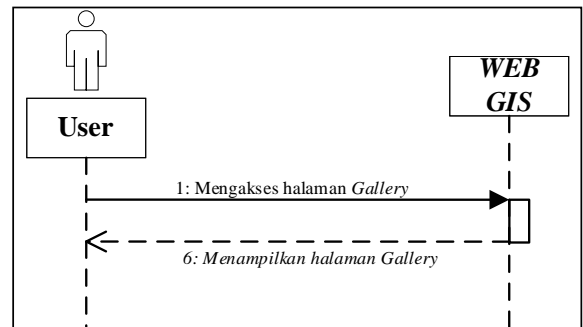
Gambar 4. 23.14 Diagram Sekuensial *User* melihat tampilan *About*

- c) Diagram sekuensial *User* untuk melihat halaman *Maps* di tunjukan pada Gambar 4.24.



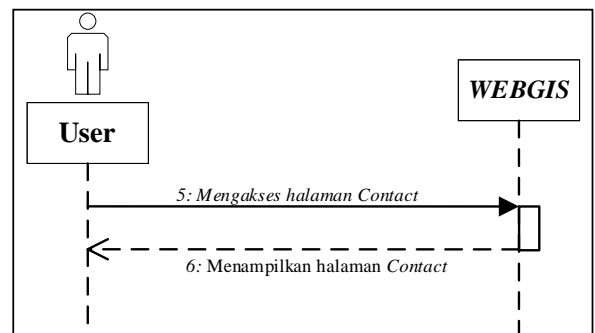
Gambar 4. 215. Diagram Sekuensial *User* melihat tampilan *Maps*

- d) Diagram sekuensial *User* untuk melihat halaman *Gallery* di tunjukan pada Gambar 4.25.



Gambar 4. 25.16 Diagram Sekuensial *User* melihat tampilan *Gallery*

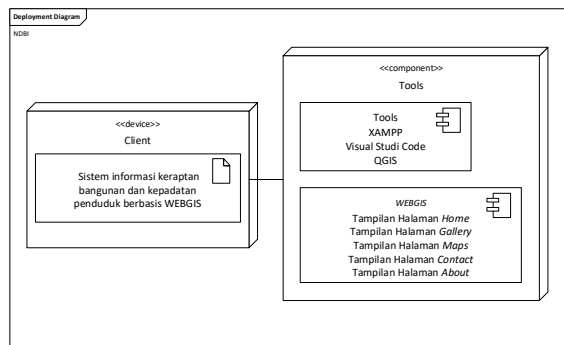
- e) Diagram sekuensial *User* untuk melihat halaman *Contact* di tunjukan pada Gambar 4.26.



Gambar 4. 26.17 Diagram Sekuensial *User* Melihat Tampilan *Contact*

4.10. Deployment

Diagram penyebaran UML berfokus pada struktur sistem perangkat lunak dan berguna untuk menunjukkan distribusi fisik dari sistem perangkat lunak di antara perangkat keras platform dan lingkungan eksekusi. Perangkat lunak (sebagai entitas lengkap atau sebagai tambahan yang diselesaikan sebagian) dikirimkan ke pelanggan yang mengevaluasi pengiriman produk dan memberikan umpan balik berdasarkan evaluasi. Tahapan *Deployment* merupakan tahapan implementasi *software* ke customer, pemeliharaan *software* secara berkala, perbaikan *software*, evaluasi *software*, dan pengembangan *software* berdasarkan umpan balik yang diberikan agar sistem dapat tetap berjalan dan berkembang sesuai dengan fungsinya.



Sumber software engineering Roger S. Pressman

Gambar 4. 18 Diagram *Deployment*

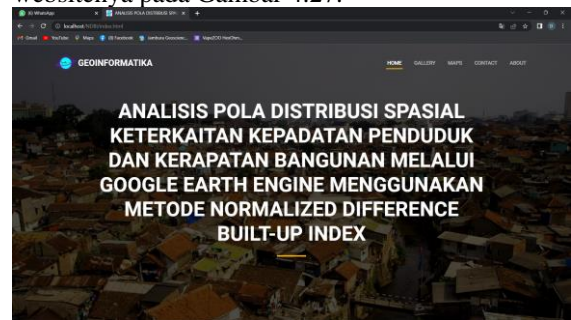
4.11. Pengujian Sistem

Pengujian merupakan metode verifikasi suatu unit program layak untuk dipakai atau tidak. Pada tahapan ini sistem menggunakan pengujian blackbox, merupakan pengujian tanpa mengetahui internal kode atau program. Adapun pengujian sistem pada tabel.

No	Kelas Uji	Deskripsi Uji	Kondisi Awal	Skenario Uji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Uji
1.	Home	Menampilkan Halaman Utama	Halaman blank browser	Masukan url localhost anda pada browser	Menampilkan tampilan home	Berhasil
2.	About	Menampilkan Informasi tentang penelitian	Halaman about	Pilih menu about	Menampilkan interface about	Berhasil
3.	Maps	Menampilkan informasi peta Kerapatan bangunan kepadatan penduduk dengan menggunakan NDBI Periode 2001-2021	Halaman Maps & Maps	Pilih menu maps	Menampilkan interface maps	Berhasil
4.	Gallery	Menampilkan foto hasil observasi	Halaman Gallery	Pilih menu Gallery	Menampilkan interface Gallery	Berhasil
5.	Contact	Menampilkan Contact Person untuk informasi lebih lanjut penggunaan lahan	Halaman Contact	Pilih menu Contact	Menampilkan interface Contact	Berhasil

4.12. Perancangan aplikasi

Perancangan Aplikasi menggunakan open source visual studio dengan bahasa yang dikenali oleh sistem yaitu Pemrograman Hypertext Preprocessor (PHP), Cascading Style Sheets (CSS) sistem bisa dijalankan menggunakan server offline yaitu XAMPP agar dapat dilihat bentuk tampilan websitenya pada Gambar 4.27.



Gambar 4. 27. *Interface* Halaman Home

5. KESIMPULAN

Hasil pengolahan algoritma NDBI menunjukkan keadaan Kota Bogor dimana visual yang ditampilkan menunjukkan kondisi asli pada citra Landsat 5 dan Landsat 8 mengalami beberapa perubahan dari setiap perkembangan tahun yang ada. Hasil analisis kerapatan bangunan dan kerapatan penduduk di kota bogor. Kota bogor mengalami perubahan setiap tahunnya semakin meningkat penduduk kota bogor maka semakin meningkat juga bangunan yang di butuhkan, tidak hanya dipengaruhi oleh terus meningkatnya penduduk kerapatan bangunan di Kota Bogor juga di pengaruhi oleh pesatnya perkembangan jalan dan infrastruktur yang ada di Kota Bogor. Uji akurasi koefisien kappa kerapatan bangunan dan kepadatan penduduk di Kota Bogor menggunakan metode NDBI (*Normalized Difference Built Index Composite Performance Index*) mendapatkan nilai 83,01%. Hasil uji akurasi ini menandakan bahwa kesesuaian nilai yang di olah dengan yang di survei lapang mendapatkan nilai bagus. Hasil pengolahan data yang sudah di buat ini akan di ditampilkan berupa sistem informasi

berupa kerapatan bangunan dan kepadatan penduduk kota bogor berbasis *WebGIS* dengan menampilkan data hasil metode *Normalized Difference Built Index Composite Performance Index* se kecamatan Kota Bogor dan mengetahui dimana saja yang memiliki peningkatan Kecamatan yang sangat tinggi dan sampai yang sangat rendah dengan melakukan uji validasi ke lapang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS Kota Bogor, "Kota Bogor Dalam Angka (Bogor Municipality in Figures) 2021," pp. 1–250, 2021.
- [2] R. N. Trinufi and S. Rahayu, "Analisis Perubahan Kerapatan Vegetasi dan Bangunan di Kota Banda Aceh Pasca Bencana Tsunami," *Ruang*, vol. 6, no. 1, pp. 28–37, 2020, doi: 10.14710/ruang.6.1.29-39.
- [3] A. Gide, "Kajian Kepadatan Bangunan Menggunakan Interpretasi Hibrida Citra Landsat-8 Oli Di Kota Semarang Tahun 2015," *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., pp. 5–24, 1967.
- [4] S. Pranata and N. Kurniadin, "Identifikasi Perubahan Indeks Kerapatan Bangunan Pasca Likuifaksi Di Kota Palu," *Buletin Poltanesa*, vol. 22, no. 1, pp. 27–32, 2021, doi: 10.51967/tanesa.v22i1.469.
- [5] Hendrawan, Marzuki, Muliadi, and A. P. Azhari, "Sebaran Lahan Terbangun Berdasarkan Normalized Difference Built-up Index Citra Landsat 8 di Kota Mataram," *SainsTech Innovation Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 35–40, 2020, doi: 10.37824/sij.v3i1.2020.191.
- [6] R. F. Trida, "Obia Classification and Built-Up Land Indices Ndbi for Estimastion of Settlement Density in Pontianak City," *Jurnal Geografi*, vol. 14, no. 2, pp. 36–44, 2018.
- [7] T. C. Novianti, "Klasifikasi Landsat 8 OLI Untuk Tutupan Lahan Di Kota Palembang Menggunakan Google Earth Engine," *Jurnal Swarnabhumi*, vol. 6, no. 1, pp. 75–85, 2021, [Online]. Available: <http://code.earthengine.google.com/>
- [8] Y. Zha, J. Gao, and S. Ni, "Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery," *Int J Remote Sens*, vol. 24, no. 3, pp. 583–594, 2003, doi: 10.1080/01431160304987.
- [9] M. Muhaimin, D. Fitriani, S. Adyatma, and D. Arisanty, "Mapping Build-Up Area Density Using Normalized Difference Built-Up Index (Ndbi) and Urban Index (Ui) Wetland in the City Banjarmasin," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 1089, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1089/1/012036.
- [10] R. S. Imagery, B. Area, V. Greenness, B. City, and C. Author, "Vegetation and Built-Up Area Monitoring in Bandung City Using Multitemporal Imagery," vol. 15, no. 1, pp. 112–121, 2023.
- [11] A. Syahputra, R. H. Jatmiko, D. R. Hizbaron, and T. R. Fariz, "Perbandingan Indeks Lahan Terbangun NDBI dan Land Surface Temperature Dalam Memetakan Kepadatan Bangunan di Kota Medan," *Journal of Science, Technology, and Visual Culture*, vol. 1, no. 1, pp. 16–22, 2021, [Online]. Available: <http://journal.itera.ac.id/index.php/jstvc/article/view/540>
- [12] L. Belakang, "PEMETAAN LAHAN TERBANGUN PERKOTAAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN NDBI DAN SEGMENTASI SEMI-AUTOMATIK," pp. 19–28, 2017.
- [13] D. I. Kelurahan, K. Kawal, and K. G. Kijang, "NORMALIZED DIFFERENCE BUILT-UPINDEX (NDBI) SEBAGAI PARAMETER IDENTIFIKASI PERKEMBANGAN PERMUKIMAN KUMUH PADA KAWASAN PESISIR," vol. 6, no. 2, pp. 143–150, 2017.
- [14] D. A. Sadewa *et al.*, "IDENTIFIKASI POLA PERUBAHAN URBAN SPRAWL MENGGUNAKAN CLOUD COMPUTING GOOGLE EARTH ENGINE BERBASIS WEB GIS (STUDI KASUS : KECAMATAN JONGGOL , JAWA BARAT)," pp. 1–8, 1861.
- [15] O. Mutanga and L. Kumar, "Google earth engine applications," *Remote Sens (Basel)*, vol. 11, no. 5, pp. 11–14, 2019, doi: 10.3390/rs11050591.
- [16] J. Pratama, Arief; Sudrajat, "Analisis Penggunaan Algoritma NDVI pada Platform Google Earth Engine sebagai Data Dukung Evaluasi Keberhasilan Pelaksanaan Reklamasi Lahan Bekas Tambang," *Prosiding TPT XXIX PERHAPI 2020*, pp. 155–162, 2020.
- [17] R. K. Karina and R. Kurniawan, "IDENTIFIKASI PENGGUNAAN LAHAN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT LANDSAT 8 MELALUI GOOGLE EARTH ENGINE Studi Kasus di Kabupaten Lahat," pp. 798–805, 2019.
- [18] M. S. Wicaksono, S. Darmawan, I. Teknologi, and N. Bandung, "Pemetaan dan Pemantauan Lahan Terbangun Perkotaan Dengan Data Landsat Multitemporal Menggunakan Google Earth Engine (Studi Kasus : Kota Bandung , Jawa Barat dan Kota Semarang , Jawa Tengah)," pp. 395–400, 2022.
- [19] M. M. Khine, Y. Y. Maw, K. Mi, and M. Win, "CHANGE ANALYSIS OF INDICES (NDWI , NDVI , NDBI) FOR MAWLAMYINE CITY AREA USING GOOGLE EARTH ENGINE," vol. XVI, no. 5, 2018.
- [20] S. T. N. Sugandi D., Somantri L., "Sistem I Formasi Geografi (Sig)," *Hand Out Sistem Informasi Geografis (SIG)*, p. 52, 2009.
- [21] D. U. N. Handayani, Sunardi, and R. Soelistjadi, "Pemanfaatan Analisis Spasial untuk Pengolahan Data Spasial Sistem Informasi Geografi," *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, vol. X, no. 2, pp. 108–116, 2005.
- [22] Zhiqiang Yang, "Introduction to Google Earth Engine," p. 31, 2021.
- [23] ESRI, "What is ArcGIS?," *Environmental Systems Research Institute*, p. 3, 2020.
- [24] Haviluddin, "Memahami Penggunaan UML (Unified Modelling Language)," *Memahami Penggunaan UML (Unified Modelling Language)*, vol. 6, no. 1, pp. 1–15, 2011, [Online]. Available:

<https://informatikamulawarman.files.wordpress.com/2011/10/01-jurnal-informatika-mulawarman-feb-2011.pdf>

[25] M. Adeanti and M. C. Harist, "Analisis Spasial Kerapatan Bangunan Dan Pengaruhnya Terhadap Suhu," no. 14, pp. 529–536, 2018.

[26] W. Suryan, *Software Quality Engineering: A Practitioner's Approach*, vol. 9781118592. 2014. doi: 10.1002/9781118830208.

[27] R. Darwin and R. Rahmadian Yuliendi, "Aplikasi Klenteng Kota Pekanbaru Berbasis Webgis," *Jurnal Teknik Informatika Kaputama (JTIK)*, vol. 5, no. 1, pp. 107–112, 2021.

[28] C. Sujana and D. Darmansyah, "Analisa Dan Perancangan Sistem Penjualan Barang Berbasis Web Pada Pt. Asia Tiara," *Jurnal Interkom: Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 12, no. 4, pp. 24–32, 2021, doi: 10.35969/interkom.v12i4.36.

[29] L. M. Prayogo, *Quantum GIS 3.14 [Basic] - Volume 1*, vol. 1, no. November. 2020.