

IMPLEMENTASI METODE *NORMALIZE DIFFERENCE DROUGHT INDEX* (NDDI) TERHADAP PEMANTAUAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN TANAMAN PADI (STUDI KASUS: KECAMATAN JONGGOL TAHUN 2019-2022)

Rizky Awaludin Firdaus¹, Erwin Hermawan², Nurul Kamilah³

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

Jl. KH Sholeh Iskandar Km 2 Kota Bogor

Email: awaludinrizky882@gmail.com

ABSTRAK

Pentingnya sektor pertanian padi dalam perkembangan ekonomi tidak dapat diabaikan, mengingat bahwa padi menjadi sumber utama makanan bagi sebagian besar masyarakat di Indonesia. Padi merupakan salah satu komoditas dalam sektor tanaman pangan sebagai penghasil beras. Kecamatan Jonggol merupakan salah satu sentra produksi beras di Kabupaten Bogor yang beberapa tahun ini mengalami penurunan produktivitas. Salah satu faktor yang mempengaruhi hasil produksi padi adalah tingkat kekeringan lahan pertanian, serangan hama, penggunaan benih, kesuburan tanah, dan perubahan cuaca. Penelitian ini bertujuan untuk melihat hubungan antara nilai indeks kekeringan (NDDI) terhadap produktivitas padi di Kecamatan Jonggol. Penelitian ini menggunakan teknologi penginderaan jarak jauh melalui *platform Google Earth Engine* dengan memanfaatkan data citra satelit *Sentinel-2A* dari Tahun 2019-2022. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Normalize Difference Drought Index* (NDDI). Klasifikasi kekeringan dibagi menjadi lima klasifikasi, yaitu normal, kekeringan ringan, kekeringan sedang, kekeringan berat, dan kekeringan sangat berat. Berdasarkan Hasil analisis didapatkan nilai koefisien determinasi R^2 sebesar 0,2627 atau 26,27% dan koefisien korelasi sebesar -0,513. Hal ini menandakan korelasi sedang antara NDDI dengan produktivitas, dimana semakin meningkatnya NDDI akan menurunkan hasil produktivitas padi. *Output* dari penelitian ini berupa informasi daerah mana saja yang terdampak oleh kekeringan dan terjadi penurunan produktivitas di Kecamatan Jonggol berbasis *WebGIS*

Kata Kunci: Kecamatan Jonggol, Kekeringan, Penginderaan Jauh, Produktivitas Padi, NDDI, Sentinel-2A

Riwayat Artikel :

Tanggal diterima : 06-06-2024

Tanggal revisi : 21-06-2024

Tanggal terbit : 24-06-2024

DOI :

<https://doi.org/10.31949/infotech.v10i1.9794>

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

Copyright © 2024 By Author



1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pentingnya sektor pertanian padi dalam perkembangan ekonomi tidak dapat diabaikan, mengingat bahwa padi menjadi sumber utama makanan bagi sebagian besar masyarakat di Indonesia[1]. Tanaman padi sangat berpengaruh dengan kondisi iklim seperti kekeringan, yang dapat berdampak pada kualitas dan jumlah produksi padi, terutama dalam menurunkan hasil produksi padi. Kekeringan menjadi salah satu faktor yang dapat menyebabkan menurunnya hasil produksi padi[2]. Kekeringan pertanian terjadi akibat menurunnya ketersediaan air didalam tanah, situasinya terjadi ketika jumlah air dalam tanah sangat terbatas, sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan air pada tanaman selama periode tertentu. Kondisi kekeringan ini muncul setelah terjadinya curah hujan disuatu wilayah berada di bawah kondisi normal[3]. Prediksi dan pemantauan kekeringan dapat dilakukan dengan memanfaatkan data cuaca yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Selain itu, kemajuan teknologi satelit melalui penginderaan jauh memungkinkan fenomena cuaca dan iklim dapat dipelajari dan dideteksi dengan cakupan wilayah yang luas[4]. Penginderaan jauh merupakan teknik yang dikembangkan untuk perolehan dan analisis informasi tentang bumi, informasi tersebut berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi untuk memperoleh data menggunakan satelit. Penginderaan jauh dapat digunakan untuk berbagai pemanfaatan dalam memproses analisis geospasial[5]. Perkembangan teknologi penginderaan jauh saat ini dalam beberapa penelitian telah banyak dikembangkan melalui platform GEE (*Google Earth Engine*). Platform ini merupakan komputasi awan berbasis web yang memudahkan untuk mengakses dan memproses kumpulan data geospasial. GEE menyediakan akses ke sejumlah besar data citra satelit dan alat analisis yang memungkinkan untuk melakukan pemrosesan dengan berbagai metode, atau analisis geospasial dengan cepat dan efisien dalam lingkup awan[5]. Salah satu kemampuan GEE adalah melakukan proses komputasi awan berdasarkan sebuah algoritma. Salah satu algoritma dalam GEE adalah untuk melakukan perhitungan NDVI, NDWI, dan NDDI. *Normalized Difference Drought Index* (NDDI) merupakan penggabungan parameter vegetasi kehijauan (NDVI) dan tingkat kebasahan vegetasi (NDWI). Metode NDDI dinilai cukup baik dalam memantau kekeringan. NDDI merupakan indeks berbasis satelit yang mampu menunjukkan *geo-meteorological complexity* suatu lingkungan, dimana dalam hal ini adalah untuk memantau dan mengidentifikasi kekeringan. Semakin tingginya nilai NDDI menggambarkan kondisi suatu wilayah semakin kering[5].

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengidentifikasi kekeringan pada lahan pertanian di Kecamatan Jonggol?
2. Bagaimana menganalisis keterkaitan antara hasil klasifikasi NDDI dengan hasil produktivitas padi?
3. Bagaimana mengembangkan sistem informasi kekeringan berbasis webgis?

1.3. Tujuan penelitian

Sesuai rumusan masalah diatas, Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan hasil analisis Tingkat kekeringan lahan sawah dengan metode NDDI berdasarkan citra satelit *Sentinel 2-A*.
2. Mendapatkan hasil analisis hubungan antara NDDI dan Produktivitas tanaman padi di Kecamatan Jonggol Tahun 2019-2022.
3. Membangun visualisasi spasial sistem informasi kekeringan berbasis *Webgis*.

1.4. Batasan Masalah

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

1. Produktivitas pada lahan sawah pada penelitian ini difokuskan pada tanaman padi.
2. Data produktivitas padi Tahun 2019 – 2022 di Kecamatan Jonggol.
3. Hasil penelitian ini di tampilkan dalam bentuk *WebGis*.

2. TINJUAN PUSTAKA

2.1. Produktivitas Pertanian

Produktivitas adalah rasio luaran (*output*) dan masukan (*input*). Rasio tersebut pada umumnya berbentuk luaran yang dihasilkan oleh aktivitas kerja dibagi dengan jam kerja (*manhours*) yang dikonstruisikan sebagai sumber masukan dengan nilai rupiah atau unit produksi lainnya sebagai dimensi tolak ukurnya[6]. Produktivitas dalam pertanian diklasifikasikan berdasarkan beberapa faktor, termasuk metode penanaman, penerapan pupuk, teknik budidaya, serangan hama, jenis lahan, kecukupan air, dampak perubahan iklim, penggunaan benih, dan partisipasi keanggotaan dalam kelompok tani[7].

2.2. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (*Remote Sensing*) sering disingkat *inderaja* sebagai ilmu dan seni yang digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang suatu objek atau fenomena tanpa adanya kontak langsung dengan objek, wilayah, atau fenomena tersebut. Alat yang digunakan, yaitu alat pengindera atau sensor, umumnya dipasang pada wahana seperti balon udara, pesawat terbang, pesawat ulang alik, atau satelit. Unsur pokok dalam sistem penginderaan jauh melibatkan sumber energi, atmosfer, interaksi khusus antara energi dan objek dipermukaan bumi, sensor, sistem pemrosesan data yang *responsif* secara waktu, serta berbagai aplikasi penggunaan data[8]. Elemen kunci dalam pendekatan

penginderaan jarak jauh adalah energi, dengan sumber energi yang paling signifikan dalam penginderaan jarak jauh adalah matahari meskipun matahari menjadi faktor utama, terdapat sensor penginderaan jarak jauh tertentu yang menggunakan energi yang dipancarkan oleh bumi atau bahkan oleh sensor itu sendiri. Sensor yang mengandalkan energi dari pantulan cahaya atau energi bumi disebut sebagai sensor pasif, sementara yang menggunakan energi dari sensor itu sendiri atau sensor yang dibawa oleh wahana penginderaan jarak jauh disebut sebagai sensor aktif[9].

2.3. Google Earth Engine

Google earth Engine atau sering disebut dengan GEE merupakan platform yang dikembangkan oleh Google untuk melakukan pengolahan informasi geospasial[10]. GEE merupakan platform komputasi awan yang dirancang untuk menyimpan dan memproses kumpulan data yang sangat besar (dalam skala petabyte) untuk analisis dan pengambilan keputusan akhir. Google mengarsipkan semua kumpulan data dan menautkannya ke cloud mesin komputasi untuk penggunaan open source. Arsip data saat ini mencakup data dari satelit lain, serta kumpulan data vektor berbasis Sistem Informasi Geografis (GIS), sosial, demografi, cuaca, model ketinggian digital, dan lapisan data iklim. Pengguna juga dapat memiliki kemampuan untuk menambahkan dan membuat data sendiri, semua dapat dilakukan melalui pemanfaatan sumberdaya cloud dari Google untuk menjalankan segala proses[11].

2.4. Satelit Sentinel-2A

Satelit sentinel-2A merupakan sistem pemantauan optik yang berasal dari Eropa dan diterbangkan pada Tahun 2015. Satelit perdana yang diluncurkan sebagai bagian dari inisiatif European Space Agency (ESA) Copernicus. Satelit ini dilengkapi dengan berbagai image multispektral beresolusi tinggi yang terdiri dari 13 Band pita spektral. Fungsinya mencakup pengawasan bumi untuk mendukung berbagai layanan seperti pemantauan hutan, identifikasi perubahan dalam tutupan lahan, dan manajemen bencana alam[12]. Citra Sentinel-2A memiliki resolusi spasial 10 m dan resolusi temporal 10 hari[13]. Spesifikasi Band citra Sentinel-2A yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Band Citra Sentinel-2A

Band	Panjang Gelombang	Resolusi Spasial	Kegunaan
Band 1	0,443 Mikrometer	60 Meter	Koreksi atmosferik (hamburan aerosol).
Band 2	0,49 Mikrometer	10 Meter	Perkembangan vegetasi, karotenoid, keadaan tanah, koreksi

Band	Panjang Gelombang	Resolusi Spasial	Kegunaan
			atmosferik, (hamburan aerosol).
Band 3	0,56 Mikrometer	10 Meter	Puncak hijau, semisitif terhadap total klorofil pada vegetasi.
Band 4	0,665 Mikrometer	10 Meter	Klorofil maksimum.
Band 5	0,705 Mikrometer	20 Meter	Posisi tepi kanal merah
Band 6	0,74 Mikrometer	20 Meter	Deteksi batas warna merah, koreksi atmosferik, penerimaan beban aerosol.
Band 7	0,783 Mikrometer	20 Meter	Indeks area daun, tepi puncak NIR.
Band 8	0,842 Mikrometer	10 Meter	Indeks area Daun.
Band 8A	0,865 Mikrometer	20 Meter	Puncak NIR yang sensitif dengan total klorofil.
Band 9	0,945 Mikrometer	60 Meter	Koreksi atmosferik untuk mengetahui uap air.
Band 10	1,375 Mikrometer	60 Meter	Koreksi atmosferik untuk mengetahui awan yang tipis (cirrus).
Band 11	1,61 Mikrometer	20 Meter	Pemisahan salju, es dan awan.
Band 12	2,19 Mikrometer	20 Meter	Pembedaan tanah liat untuk pemantauan erosi tanah.

Sumber: (El Syifa Putri et al.,2021)

Berdasarkan Tabel 1 diatas citra Sentinel-2A memberikan manfaat dalam menyediakan data yang memenuhi berbagai macam kebutuhan, termasuk monitoring lahan. Data ini dapat digunakan sebagai dasar untuk berbagai keperluan salah satunya dibidang pertanian, serta pemantauan lingkungan[14].

2.5. Analisis Spasial Normalize Difference Vegetation Indeks (NDVI)

Indeks Vegetasi, atau yang dikenal sebagai Normalize Difference Vegetation Indeks (NDVI), merupakan bidang penelitian ilmu geografi yang terus berkembang dan dapat diterapkan. NDVI adalah suatu indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman, dihasilkan melalui kombinasi antara data pada band merah dan Near

Infrared (NIR). Penggunaan NDVI telah lama menjadi indikator untuk memahami keberadaan dan kondisi vegetasi[15]. Rumus perhitungan NDVI dapat dilihat pada rumus berikut:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Keterangan:

NIR = radiasi Inframerah dari piksel

RED = radiasi Cahaya merah dari piksel

Adapun klasifikasi indeks kehijauan vegetasi menggunakan citra Sentinel-2A, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai NDVI

Nilai NDVI	Keterangan
< 0,2	Kehijauan sangat rendah
0,2 s/d 0,36	Kehijauan Rendah
0,36 s/d 0,5	Kehijauan Sedang
0,5 s/d 0,6	Kehijauan Tinggi
>0,6	Kehijauan Sangat Tinggi

Sumber: (Dwinda Etika Profesi et al.,2018)

Berdasarkan Tabel 2 diatas rentang nilai NDVI berkisar antara -0,1 hingga 1,0, dengan nilai kurang dari nol untuk obyek seperti awan, air, dan non-vegetasi. Nilai antara 0,1 hingga 0,7 mencerminkan nilai vegetasi pada suatu objek[16].

2.6. Analisis Spasial Normalize Difference Water Indeks (NDWI)

Proses pengolahan algoritma NDWI dilakukan untuk memperoleh indek kelembaban atau kebasahan pada vegetasi dan tanah. Fokus NDWI terletak pada tingkat kelembaban pada vegetasi, dengan menggunakan nilai reflektansi dari band near infrared (NIR) dan band infrared gelombang pendek (SWIR)[17]. Adapun rumus dalam pengolahan NDWI dapat dilihat pada rumus berikut:

$$NDWI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)} \quad (2)$$

Keterangan:

NIR : Radiasi Inframerah dari piksel

SWIR: Infrared gelombang pendek

Adapun klasifikasi indeks kebasahan menggunakan citra Sentinel-2A. Dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai NDWI

Nilai NDWI	Keterangan
(-0,43 – 0,1)	Non Badan Air
(0,1 – 0,17)	Rendah

Nilai NDWI	Keterangan
(0,17 – 0,27)	Agak Rendah
(0,27 – 0,37)	Sedang
(0,37 – 0,47)	Agak Tinggi
(0,47 – 1,0)	Tinggi

Sumber: (Dwinda Etika Profesi et al.,2018)

Berdasarkan Tabel 3. Diatas tingkat kebasahan pada sawah berada pada nilai indeks antara -1 sampai 1.

2.7. Analisis Spasial Normalize Difference Drought Indeks (NDDI)

Metode algoritma NDDI adalah metode yang dapat mengidentifikasi mengenai kekeringan yang sesuai pada daerah tertentu. Metode NDDI merupakan metode yang menggabungkan informasi mengenai vegetasi dan air atau menggabungkan vegetasi kehijauan (NDVI) dan Tingkat kebasahan vegetasi (NDWI), nilai yang lebih tinggi menunjukkan kondisi kering[16]. Adapun rumus dalam pengolahan NDDI dapat dilihat pada rumus berikut:

$$NDDI = \frac{(NDVI - NDWI)}{(NDVI + NDWI)}$$

Hasil yang didapatkan dari rumus indeks vegetasi, *Normalized Defference Vegetation Indeks* dimana NDVI diperoleh dari nilai nilai reflektansi pada NIR yang merupakan nilai reflektansi kanal 8, inframerah dekat dan Red yang merupakan nilai reflektansi kanal 4, gelombang merah[18]. Untuk klasifikasi kekeringan menggunakan citra Sentinel-2A dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai NDDI

Nilai NDDI	Keterangan
< 0,01	Normal
0,1 ≤ NDDI < 0,15	Kekeringan Ringan
0,15 ≤ NDDI < 0,25	Kekeringan Sedang
0,25 ≤ NDDI < 1	Kekeringan Berat
≥ 1	Kekeringan Sangat Berat

Sumber: (Fadli Rahman et al.,2017)

Berdasarkan Tabel 4 diatas Tingkat Kekeringan pada sawah berada pada nilai indeks antara ≤ 0,01 sampai 1 yang dibagi menjadi lima kelas klasifikasi.

2.8. ArcGIS

ArcGis adalah sebuah *software* (perangkat lunak) aplikasi sistem informasi geografis (SIG) yang *integral*. ArcGis terdapat beberapa aplikasi sistem informasi geografis yang memiliki fungsi berbeda diantaranya adalah ArcView, ArcMap, ArcCatalog dan ArcReader dan masih banyak lagi fitur-fitur yang berada di Arcgis[19]. ArcGIS dirancang untuk menyediakan serangkaian besar prosedur

geoprocessing, mulai dari entri data hingga analisis besar berbentuk output data dan memberikan fleksibilitas yang luas dalam membuat konsep dan memodelkan fitur geografis yang dapat diterapkan pada data spasial[20].

2.9. Quantum Gis (QGIS)

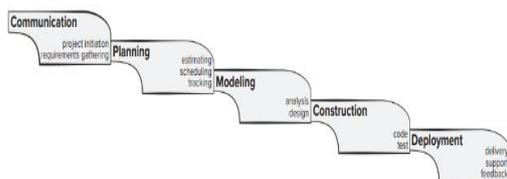
Quantum GIS atau lebih dikenal dengan singkatan Qgis merupakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis open source dengan lisensi dibawah GNU (General Public License) yang dapat dijalankan dalam berbagai sistem operasi. Qgis bertujuan untuk memudahkan pengguna dengan menyediakan fungsi dan fitur umum. Qgis memiliki metadata plugin, beberapa plugin yang mungkin membantu operator GIS dalam menjalankan tugasnya serta, terdapat plugin untuk membuat peta Web (WebGis) yaitu QgisWeb dan mudah dimodifikasi menggunakan bahasa pemrograman Python[21]. Software Quantum GIS dimanfaatkan untuk input data Sistem Informasi Geografis (SIG) dan pemrosesan data geospasial sebagai alternatif terhadap perangkat lunak SIG komersial lainnya seperti ArcGIS, ArcView, atau MapInfo Professional[22].

2.10. Unified modeling Language (UML)

Unified modelling language (UML) merupakan salah satu bahasa yang banyak digunakan untuk membuat analisis dan desain serta menggambarkan pemograman berorientasi objek. UML muncul karena adanya kebutuhan pemodelan visual untuk mengepresikan, menggambarkan, membangun, dan mendokumentasi sistem perangkat[23]. UML memiliki tiga kategori utama yaitu structure diagram, behaviour diagram dan interaction diagram, dimana masing-masing kategori tersebut memiliki diagram yang menjelaskan arsitektur sistem dan saling terintegrasi[24].

2.11. Model Waterfall

Model Waterfall adalah model yang paling banyak digunakan untuk tahap pengembangan. Model Waterfall merupakan model air terjun yang mengalir kebawah sehingga disebut air terjun, karena setiap tahap yang dikerjakan berurutan dari atas kebawah[25]. Model ini sering dikenal sebagai model sekuensial linier, yang memberi pendekatan yang sistematis dan berurutan prosesnya dalam pengembangan perangkat lunak, dimulai dari tahap pelanggan. Model Waterfall, memiliki tahapan-tahapan yang bersumber dari Roger Presman[26]. Dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber: (Software Engineering, RogerPresman, 2019)

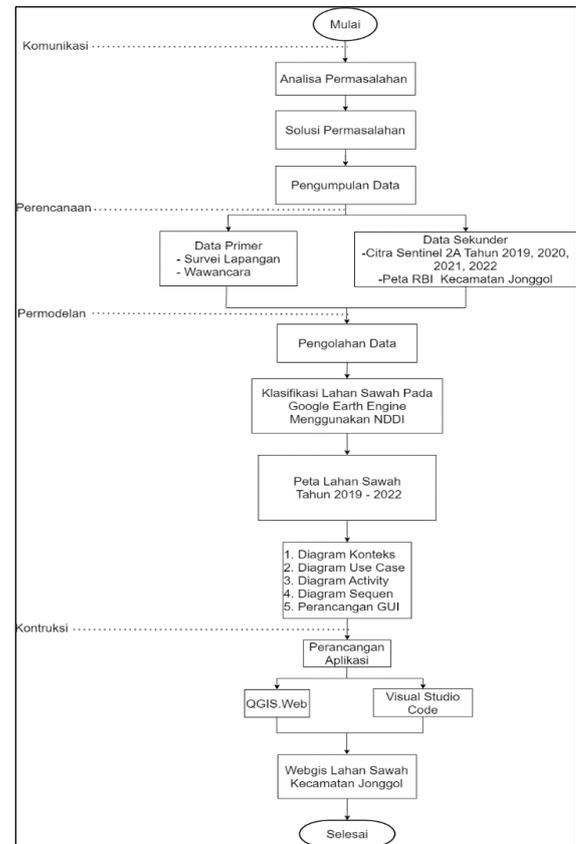
Gambar 1. Model Waterfall

2.12. Sistem Informasi WebGIS

WebGIS adalah implementasi Geographic Information System (GIS) yang dapat diakses secara daring melalui internet atau web. Web GIS, terdapat server yang berperan sebagai MapServer, bertugas untuk memproses permintaan peta dari pengguna dan mengirimkannya kembali ke pengguna, artinya pengguna tidak perlu memerlukan perangkat lunak GIS khusus, melainkan hanya menggunakan media internet seperti Internet Explorer, Mozilla Firefox, atau Google Chrome untuk mengakses informasi GIS yang tersedia diserver[22].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Waktu penelitian ini dimulai pada bulan Juli Tahun 2023, Tempat pnelitian berlokasi di Kantor Dinas Pertanian Kabupaten Bogor.



Gambar 3. 1 Kerangka Berfikir

3.1. Komunikasi

Pada tahap komunikasi ini peneliti melakukan analisis permasalahan terlebih dahulu untuk mengumpulkan informasi terkait yang dapat membantu pemahaman tentang situasi atau masalah yang dihadapi. Tahapan ini mengidentifikasi permasalahan, faktor penyebab, dampak yang akan terjadi, dan hubungan yang terlibat didalamnya yang dapat menjadikan solusi permasalahan.

3.2. Perencanaan

Pada tahap perencanaan ini peneliti melakukan pengolahan dan analisis data. Adapun data yang digunakan meliputi: citra satelit Sentinel-2A dari data base Google Earth Engine (GEE), data daerah agrikultur Kecamatan Jonggol dari peta Rupa Bumi

Indonesia (RBI) dalam bentuk format *SHP* yang didapat dari Geoportal Badan Informasi Geospasial dan data produktivitas pertanian tanaman padi dari Dinas Pertanian Kabupaten Bogor berupa tabel yang mencakup periode Tahun 2019 hingga 2022.

3.3. Pemodelan

Pada tahapan permodelan ini terdiri dari pengolahan dan analisis data. Data yang peneliti gunakan adalah citra *Sentinel-2A* periode Tahun 2019-2022, batas administrasi Kecamatan Jonggol, dan data produktivitas pertanian padi Kecamatan Jonggol. Metode yang digunakan peneliti adalah *Normalize Difference Drought Indeks* (NDDI). Perhitungan metode NDDI dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$NDDI = \frac{(NDVI - NDWI)}{(NDVI + NDWI)}$$

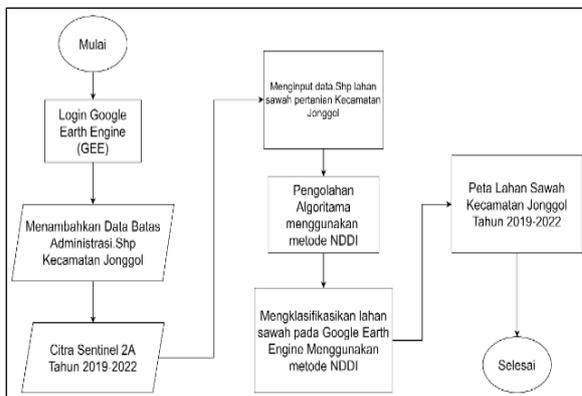
Pada tahap permodelan ini peneliti membuat klasifikasi *indeks* kekeringan, dengan menggunakan citra *Sentinel-2A* yang didapatkan dari *Google Earth Engine* kemudian dikelaskan kedalam lima kelas klasifikasi, yaitu: (1) Normal, (2) Kekeringan Ringan, (3) Kekeringan Sedang, (4) Kekeringan Berat, dan (5) Kekeringan Sangat Berat. Lima kelas tersebut didapatkan dari hasil perhitungan NDDI yang merupakan penggabungan dari nilai NDVI dan nilai NDWI.

4. PEMBAHASAN

Pada tahap ini, dilakukan pengolahan data spasial menggunakan *Google Earth Engine* untuk memperoleh nilai NDDI yang akan digunakan dalam menghitung kekeringan lahan sawah pertanian yang berada di Kecamatan Jonggol. Selanjutnya, nilai NDDI tersebut diolah menggunakan *ArcGis* untuk dibuat menjadi peta dalam berbentuk berbasis *WebGis*.

4.1. Pengolahan dan Analisis Data

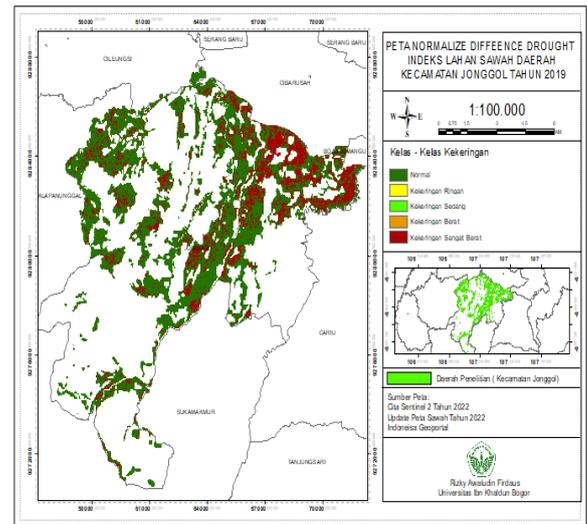
Pengolahan dan Analisis data menggunakan *Platform Google Earth Engine* yang meliputi pengolahan citra *Sentinel-2A* Tahun 2019-2022. Tahap ini merupakan proses mencari dan mengumpulkan data terkait dengan penelitian. Berikut yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 2 Kerangka Pengolahan Data Spasial

4.2. Pengolahan Hasil NDDI

Peta hasil pengolahan NDDI pada lahan sawah pertanian di Kecamatan Jonggol Tahun 2019.



Gambar 4. 1 Hasil pengolahan NDDI Tahun 2019

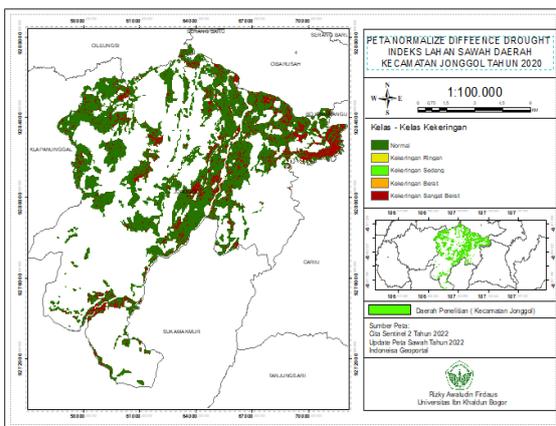
Pada Gambar 4.2 diatas dapat dilihat hasil dari pengolahan kekeringan yang mempengaruhi lahan sawah di Kecamatan Jonggol pada *platform Google Earth Engine* Tahun 2019. Hasil tersebut dapat ditampilkan dengan warna untuk tiap kelasnya masing-masing seperti: Normal berwarna hijau tua, Kekeringan Ringan berwarna kuning, Kekeringan Sedang berwarna Hijau mda, Kekeringan Berat berwarna coklat, dan Kekeringan Sangat Berat berwarna merah. Adapun luas area sawah dengan satuan Hektare (Ha) yang telah dihitung di *Arcgis* melalui *calculate Geometry*. Dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Luasan sawah tiap Desa di Kecamatan Jonggol Tahun 2019

No	Nama Desa	Luas Sawah (Ha) Tahun 2019	Persentase luas sawah(%)
1	Balekambang	379,52	3%
2	Bendungan	563,66	4%
3	Cibodas	540,98	4%
4	Jonggol	1090,70	9%
5	Singa jaya	578,03	5%
6	Singasari	1324,26	11%
7	Sirnalalih	822,12	7%
8	Sukagalih	501,06	4%
9	Sukajaya	341,30	3%

No	Nama Desa	Luas Sawah (Ha) Tahun 2019	Persentase luas sawah(%)
10	Sukamaju	1736,42	14%
11	Sukamanah	1075,05	9%
12	Sukanegara	1189,22	9%
13	Sukasirna	1645,05	13%
14	Weninggalih	770,05	6%
Luas total persawahan di Kecamatan Jonggol (Ha)		12557,39	100%

Berdasarkan Tabel 4.1 diatas dapat dilihat pada Tahun 2019 luasan sawah di Kecamatan Jonggol terdapat 12557,39 Ha. Berdasarkan hasil analisis luasan lahan sawah yang terluas di Kecamatan Jonggol terdapat di Desa Sukamaju dengan total luasan sawah seluas 1736,42 Ha atau sekitar 14% dari total luasan sawah di Kecamatan Jonggol. Analisis selanjutnya, berdasarkan luasan sawah pada tiap Desa dianalisis tingkat kekeringan yang dikelaskan kedalam lima kelas, yakni (1) normal, (2) kekeringan ringan, (3) kekeringan sedang, (4) kekeringan berat, dan (5) kekeringan sangat berat. Sebagai contoh, berdasarkan hasil analisis lahan sawah didesa sukamaju berdasarkan tingkat kekeringan dapat dikelaskan kedalam dua kelas. Desa Sukamaju ditemui dua kondisi yakni, normal mencapai atau seluas 99% dan kekeringan sangat berat mencapai atau seluas 1%. Adapun hasil pengolahan NDDI pada lahan sawah pertanian Tahun 2020 di Kecamatan Jonggol dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Hasil pengolahan NDDI Tahun 2020

Pada Gambar 4.3 diatas dapat dilihat hasil dari pengolahan kekeringan yang mempengaruhi lahan sawah di Kecamatan Jonggol pada platform Google Earth Engine Tahun 2020. Hasil tersebut dapat ditampilkan dengan warna untuk tiap kelasnya

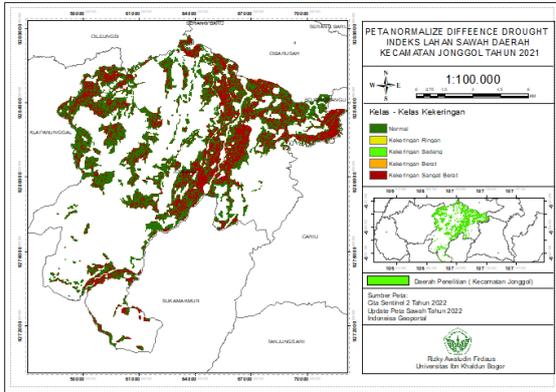
masing-masing seperti: Normal berwarna hijau tua, Kekeringan Ringan berwarna kuning, Kekeringan Sedang berwarna Hijau mda, Kekeringan Berat berwarna coklat, dan Kekeringan Sangat Berat berwarna merah. Adapun luas area sawah dengan satuan Hektare (Ha) yang telah dihitung di Arcgis melalui *calculate Geometry*. Dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Luasan sawah tiap Desa di Kecamatan Jonggol Tahun 2020

No	Nama Desa	Luas Sawah(Ha) Tahun 2020	Persentase luasan sawah (%)
1	Balekambang	1923,00	11%
2	Bendungan	976,14	6%
3	Cibodas	545,10	3%
4	Jonggol	1925,47	11%
5	Singa jaya	711,36	4%
6	Singasari	1336,48	8%
7	Sirnagalih	964,61	5%
8	Sukagalih	1197,98	7%
9	Sukajaya	340,94	2%
10	Sukamaju	1894,97	11%
11	Sukamanah	1141,69	6%
12	Sukanegara	1343,02	8%
13	Sukasirna	2243,36	13%
14	Weninggalih	1137,23	6%
Luas total persawahan di Kecamatan Jonggol (Ha)		17681,36	100%

Berdasarkan Tabel 4.2 diatas pada Tahun 2020 luasan sawah di Kecamatan Jonggol terdapat 17681,36 Ha. Berdasarkan hasil analisis analisis luasan lahan sawah yang terluas di Kecamatan Jonggol terdapat di Desa Sukasirna yang mempunyai total luasan sawah di Kecamatan Jonggol. Analisis selanjutnya berdasarkan luasan sawah pada tiap Desa dianalisis tingkat kekeringan yang dikelaskan kedalam lima kelas yakni (1) normal, (2) kekeringan ringan, (3) kekeringan sedang, (4) kekeringan berat, dan (5) kekeringan sangat berat. Sebagai contoh, berdasarkan hasil analisis lahan sawah ditiap desa, terdapat tingkat kekeringan yang dikelaskan kedalam dua kelas. Desa Balekambang ditemui dua

kondisi yaitu, normal sebesar atau seluas 99% dan kekeringan sangat berat mencapai atau seluas 1%. Adapun hasil pengolahan NDDI pada lahan sawah pertanian Tahun 2021 di Kecamatan Jonggol dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Hasil pengolahan NDDI Tahun 2021

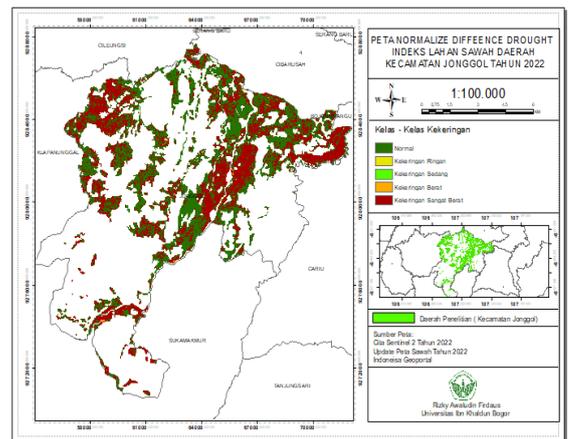
Pada Gambar 4.4 diatas dapat dilihat hasil dari pengolahan kekeringan yang mempengaruhi lahan sawah di Kecamatan Jonggol pada *platform Google Earth Engine* Tahun 2021. Hasil tersebut dapat ditampilkan dengan warna untuk tiap kelasnya masing-masing seperti: Normal berwarna hijau tua, Kekeringan Ringan berwarna kuning, Kekeringan Sedang berwarna Hijau muda, Kekeringan Berat berwarna cokelat, dan Kekeringan Sangat Berat berwarna merah. Adapun luas area sawah dengan satuan Hektare (Ha) yang telah dihitung di *Arcgis* melalui *calculate Geometry*. Dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 luasan sawah tiap Desa di Kecamatan Jonggol Tahun 2021

No	Nama Desa	Luas Sawah(Ha) Tahun 2021	Persentase luasan sawah (%)
1	Balekambang	430,86	5%
2	Bendungan	445,85	5%
3	Cibodas	485,17	6%
4	Jonggol	595,68	7%
5	Singa jaya	461,91	6%
6	Singasari	1293,74	15%
7	Sirnagalih	622,91	7%
8	Sukagalih	640,06	8%
9	Sukajaya	338,99	4%
10	Sukamaju	348,43	4%

No	Nama Desa	Luas Sawah(Ha) Tahun 2021	Persentase luasan sawah (%)
11	Sukamanah	456,86	5%
12	Sukanegara	518,27	6%
13	Sukasirna	1036,07	12%
14	Weninggalih	707,67	8%
Luas total persawahan di Kecamatan Jonggol (Ha)		8382,47	100%

Berdasarkan Tabel 4.3 diatas pada Tahun 2021 luasan sawah di Kecamatan Jonggol terdapat 8382,42 Ha. Berdasarkan hasil analisis luasan lahan sawah yang terluas terdapat di Kecamatan Jonggol terdapat di Desa Singasari dengan total luasan sawah seluas 1293,74 Ha atau sekitar 15% dari total luasan sawah di Kecamatan Jonggol. Analisis selanjutnya, berdasarkan luasan sawah pada tiap desa dianalisis tingkat kekeringan yang dikelaskan kedalam lima kelas, yakni (1) normal, (2) kekeringan ringan, (3) kekeringan sedang, (4) kekeringan berat, dan (5) kekeringan sangat berat. Sebagai contoh, berdasarkan hasil analisis lahan sawah di tiap desa, terdapat tingkat kekeringan yang dikelaskan kedalam dua kelas. Desa Singajaya ditemui dua kondisi, yaitu normal mencapai atau luas 92%. Adapun hasil pengolahan NDDI pada lahan sawah pertanian Tahun 2022 di Kecamatan Jonggol dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Hasil pengolahan NDDI Tahun 2022

Pada Gambar 4.5 diatas dapat dilihat hasil dari pengolahan kekeringan yang mempengaruhi lahan sawah di Kecamatan Jonggol pada *platform Google Earth Engine* Tahun 2022. Hasil tersebut dapat ditampilkan dengan warna untuk tiap kelasnya masing-masing seperti: Normal berwarna hijau tua, Kekeringan Ringan berwarna kuning, Kekeringan Sedang berwarna Hijau muda, Kekeringan Berat

berwarna coklat, dan Kekeringan Sangat Berat berwarna merah. Adapun luas area sawah dengan satuan *Hektare* (Ha) yang telah dihitung di *ArcGis* melalui *calculate Geometry*. Dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Luasan sawah tiap desa di Kecamatan Jonggol Tahun 2022

No	Nama Desa	Luas Sawah(Ha) Tahun 2022	Persentase luasan sawah (%)
1	Balekambang	392,67	4%
2	Bendungan	435,84	5%
3	Cibodas	410,98	5%
4	Jonggol	797,01	9%
5	Singa jaya	453,37	5%
6	Singasari	1278,83	14%
7	Sirnagalih	596,71	7%
8	Sukagalih	609,17	7%
9	Sukajaya	339,10	4%
10	Sukamaju	576,40	7%
11	Sukamanah	490,41	6%
12	Sukanegara	637,73	7%
13	Sukasirna	1022,38	12%
14	Weninggalih	798,84	9%
Luas total persawahan di Kecamatan Jonggol (Ha)		8839,43	100%

Berdasarkan Tabel 4.4 diatas pada Tahun 2022 luasan sawah di Kecamatan Jonggol terdapat 8839,43 Ha. Berdasar kan hasil analis luasan lahan sawah yang terluas terdapat di Kecamatan Jonggol terdapat di Desa Singasari dengan total luasan sawah 1278,83 Ha atau sekitar 14% dari total luasan sawah di Kecamatan Jonggol. Analisis selanjutnya, berdasarkan luasan sawah pada tiap Desa dianalisis tingkat kekeringan yang dikelaskan kedalam lima kelas, yakni (1) normal, (2) kekeringan ringan, (3) kekeringan sedang, (4) kekeringan berat dan (5) kekeringan sangat berat. Sebagai contoh, berdasarkan hasil analis lahan sawah di tiap Desa, terdapat tingkat kekeringan dikelaskan kedalam dua kelas. Desa Sukamaju ditemui dua konndisi yaitu normal mencapai atau seluas 89% dan tingkat kekeringan sangat berat mencapai atau seluas 11%.

4.3. Grafik kelas kekeringan

Grafik kelas kekeringan Tahun 2019, 2020, 2021, 2022 di Kecamatan Jonggol dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Kekeringan Kecamatan Jonggol Tahun 2019-2022

Dapat dilihat pada Gambar 4.6 kelas kekeringan yang terjadi di Kecamatan Jonggol pada Tahun 2019 sampai Tahun 2022 mengalami perubahan kekeringan, yaitu pada Tahun 2020 kategori normal paling tinggi dan kategori kekeringan sangat berat terjadi pada Tahun 2022 dengan luas sawah mencapai 3880,08 Ha mengalami kekeringan pada lahan sawah. Keterkaitan NDDI dengan jumlah produktivitas pertanian tanaman padi terdapat perubahan dilihat dari yang ditampilkan melalui *Google Earth Engine* Tahun 2019-2022 dan nilai NDDI pada lahan sawah didaerah Kecamatan Jonggol. Analisa kelas perubahan nilai NDDI dengan data hasil olahan GEE menggunakan citra *Sentinel-2A* pada Tahun 2019-2022 dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Nilai Rataan NDDI

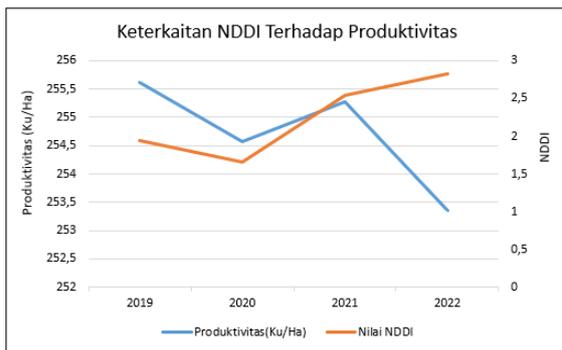
Tahun	Nilai Rataan NDDI
2019	1,94
2020	1,66
2021	2,53
2022	2,82

Berdasarkan Tabel 4.5 Nilai rataan NDDI selama empat Tahun terakhir mengalami *tren* yang menarik, dimulai dari Tahun 2019 dengan nilai 1,94, sedikit penurunan terjadi pada Tahun 2020 menjadi 1,66. Terjadi peningkatan signifikan pada Tahun 2021 dengan lonjakan menjadi 2,53 menunjukkan perubahan yang mungkin terjadi dalam faktor lingkungan. Peningkatan berlanjut pada Tahun 2022 dengan nilai puncaknya mencapai 2,82. Nilai rataan NDDI ini memberikan gambaran yang jelas tentang perubahan lingkungan atau kondisi cuaca selama empat Tahun terakhir. Adapun nilai produktivitas tanaman padi dalam sklala (Ha) mengalami perubahan kenaikan dan penurunan di Tahun 2019-2022. Dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Produktivitas padi

Tahun	Produktivitas (Ku/Ha)
2019	255,61
2020	254,58
2021	255,27
2022	253,35

Berdasarkan Tabel 4.6 tingkat produktivitas pada Tahun 2019 menunjukkan produktivitas yang terjadi, pada Tahun 2020 mengalami penurunan sedikit dari Tahun sebelumnya, meskipun relatif kecil penurunannya. Pada Tahun 2021 terjadi peningkatan produktivitas dari Tahun sebelumnya dan pada Tahun 2022 kembali mengalami penurunan pada produktivitas padi. Terdapat gejala dalam produktivitas dari tahun ke tahun, terdapat pengaruh perubahan dalam produktivitas, seperti faktor cuaca, penggunaan pupuk, teknologi pertanian atau faktor yang mempengaruhi hasil pertanian. Adapun keterkaitan antara NDDI dengan Produktivitas dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7. Keterkaitan NDDI terhadap produktivitas

Pada Gambar 4.26 Produktivitas pertanian padi di Kecamatan Jonggol mengalami perubahan dalam produktivitas dari Tahun 2019-2022 yang disebabkan oleh perubahan nilai NDDI di Kecamatan Jonggol, perubahan tersebut cenderung menurun pada produktivitas dan menaik pada NDDI dari Tahun 2019 – 2022.

4.4. Koefisien Determinasi dan Korelasi

Koefisien determinasi disimbolkan dengan *R Square* yang digunakan untuk analisis regresi, dan untuk mengetahui hubungan antar variabel. *R Square* berkisar antara 0 dan 1 yaitu semakin tinggi nilainya, maka semakin baik model regresi dapat menjelaskan variasi dalam data. Korelasi merupakan hubungan statistik antara dua variabel, koefisien korelasi dapat disimbolkan dengan *r* yang memiliki rentang nilai dari -1 hingga 1.

Table 4. 7 Hubungan korelasi *Positif*

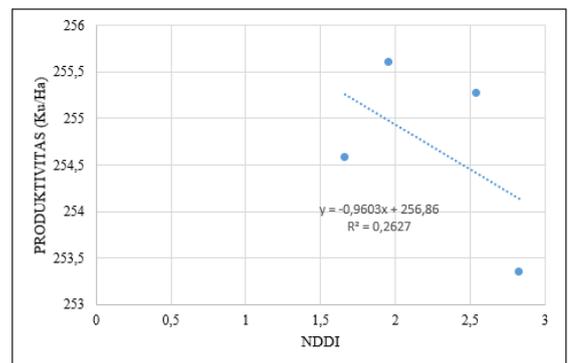
Koefisien	Hubungan
0	Tidak ada korelasi
0,01 – 0,19	Korelasi Sangat Lemah
0,20 – 0,39	Korelasi Rendah
0,40 – 0,59	Korelasi Sedang
0,60 – 0,79	Korelasi Kuat
0,80 – 1,00	Korelasi Sangat Kuat

Berdasarkan Tabel 4.7 Korelasi *positif* merupakan hubungan yang searah antara dua *variabel*. Adapun tabel hubungan korelasi *negatif* dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Hubungan korelasi *negatif*

Koefisien	Hubungan
- 0,01 – -0,19	Korelasi Sangat Lemah
-0,20 – -0,39	Korelasi Rendah
-0,40 – -0,59	Korelasi Sedang
-0,60 – -0,79	Korelasi Kuat
-0,80 – -1,00	Korelasi Sangat Kuat

Berdasarkan Tabel 4.8 Korelasi *negatif* merupakan hubungan yang berlawanan arah antara dua variabel. Berdsarkan hasil korelasi dan regresi antara produktivitas dengan NDDI yang diolah menggunakan *Software Excel* dan *SPSS* dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Grafik hubungan antara produktivitas dengan NDDI

Pada Gambar 4.27 hubungan antara Produktivitas dengan NDDI di Kecamatan Jonggol mengalami penurunan atau berlawanan arah. Hasil menunjukkan pengaruh NDDI terhadap Produktivitas hanya berpengaruh sebesar R^2 0,2627 atau 26,27%

menunjukkan kesesuaian model dengan data, dan 74% lainnya dipengaruhi oleh faktor lain antara lain, Perubahan cuaca, serangan hama, jarak sawah jauh dari Sungai, dan pemberian pupuk.. Adapun Tabel koefisien korelasi dapat dilihat pada Tabel 4.9.

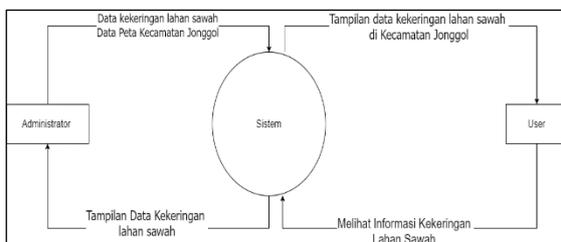
Tabel 4. 9 Nilai korelasi NDDI dengan produktivitas

KORELASI			
		Produktivitas	NDDI
Produktivitas	Pearson	1	-
	Correlation		.0,513
	Sig. (2-tailed)		0,487
	N	4	4
NDDI	Pearson	-.0,513	1
	Correlation		
	Sig. (2-tailed)		.487
	N	4	4

Berdasarkan Tabel 4.9 dijelaskan bahwa, Variabel X = NDDI, Variabel Y = Produktivitas, *Pearson Correlation* = Nilai Korelasi, dan N = Banyaknya pengamatan. Hubungan korelasi antara nilai NDDI dengan produktivitas adalah $-0,513$ artinya nilai korelasi dari dua variabel tersebut termasuk kedalam korelasi *negatif* atau berlawanan arah dan menunjukkan kedalam kategori korelasi sedang.

4.5. Diagram Konteks

Diagram *konteks* adalah diagram yang terdiri dari suatu proses dan menggambarkan ruang lingkup suatu sistem. Diagram *konteks* merupakan level tertinggi dari DFD (*Data Flow Diagram*) yang menggambarkan seluruh input kedalam sistem atau output dari sistem yang memberi gambaran tentang keseluruhan sistem. Diagram konteks sering disebut juga dengan level-0 dan menjadi penentu utama pada sebuah sistem yang dimodelkan dalam *Data Flow Diagram*. Adapun diagram konteks dapat dilihat pada Gambar 4.9.

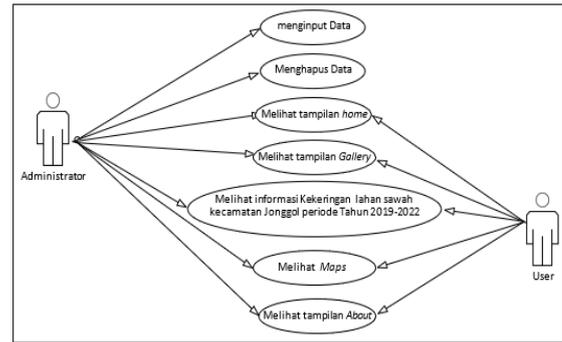


Gambar 4. 9 Diagram konteks

4.6. Diagram Use Case

Diagram *use case* merupakan satu dari berbagai jenis diagram UML (*Unified Modelling Language*) yang menggambarkan hubungan interaksi antara sistem

dan aktor. Adapun diagram *use case* dapat dilihat pada Gambar 4.10.

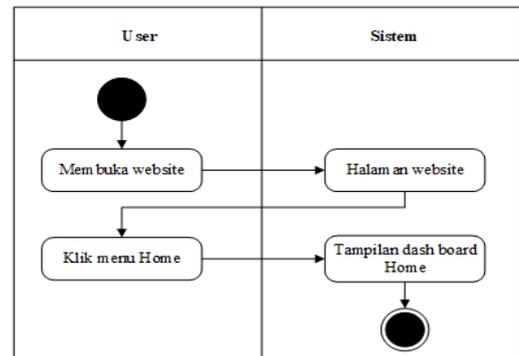


Gambar 4. 10 Diagram use case

4.7. Diagram aktifitas

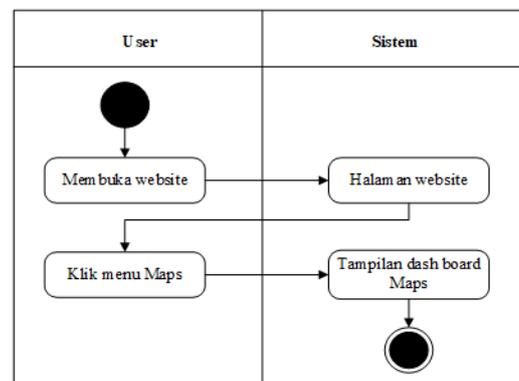
Diagram *aktifty* adalah diagram yang dapat memodelkan proses-proses yang terjadi pada sebuah sistem. Runtutan proses dari suatu sistem digambarkan secara vertikal. *Aktifty* diagram merupakan pengembangan dari *use case* yang memiliki alur aktivitas.

- a) Diagram aktiitas *user* melihat halaman *home* pada *WebGis* dapat dilihat pada Gambar 4.11.



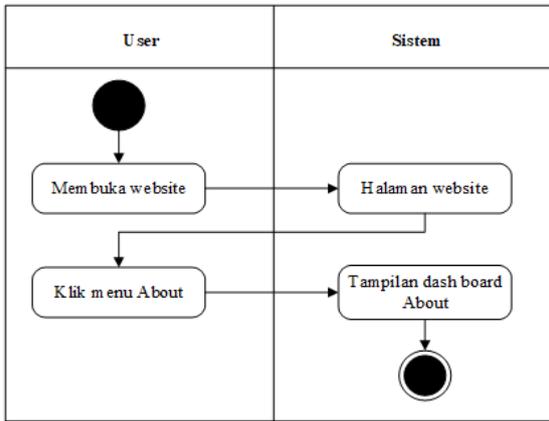
Gambar 4. 11 Melihat tampilan home

- b). Diagram aktivitas user melihat halaman *maps* pada *WebGis* dapat dilihat pada Gambar 4.12.



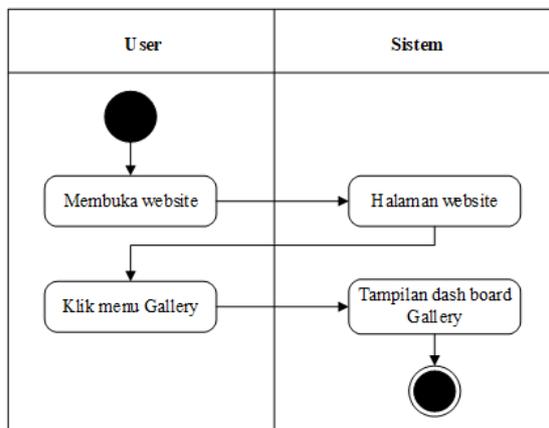
Gambar 4. 12 Melihat tampilan Maps

- c). Diagram aktivitas untuk melihat halaman *about* dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 13Melihat tampilan *about*

d). Diagram aktivitas melihat tampilan *Gallery* dapat dilihat pada Gambar 4.14.

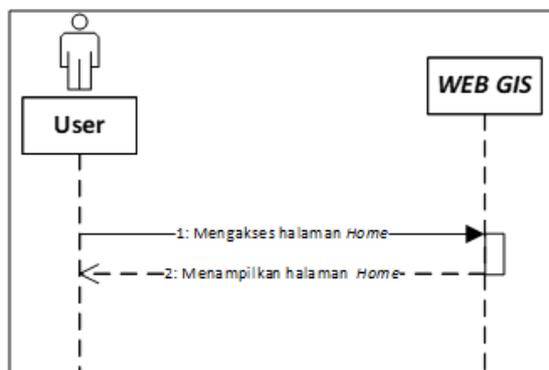


Gambar 4. 14 Melihat tampilan *gallery*

4.8. Diagram Sequence

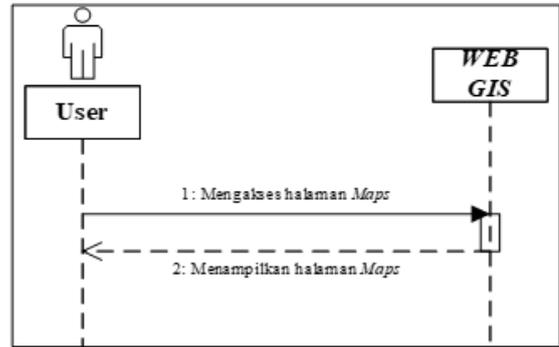
Diagram *Sequence* merupakan sebuah diagram yang digunakan untuk menjelaskan dan menampilkan interaksi antar objek-objek dalam sebuah sistem secara terperinci. Selain itu *sequence* diagram juga akan menampilkan pesan atau perintah yang dikirim, beserta waktu pelaksanaannya.

a). Diagram *sekuensial user* untuk melihat halaman *home* dapat dilihat pada Gambar 4.15.



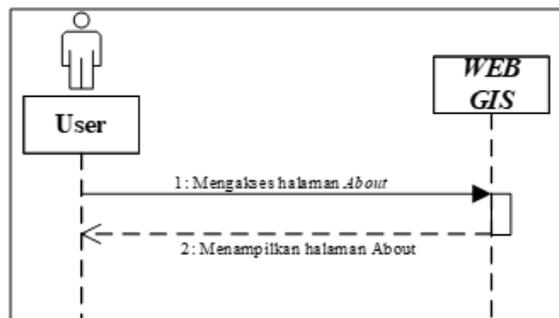
Gambar 4. 15 Melihat tampilan *home*

b). Diagram *sekuensial user* untuk melihat halaman *maps* dapat dilihat pada Gambar 4.16.



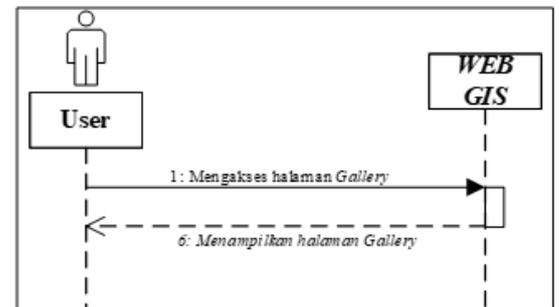
Gambar 4. 16 Melihat tampilan *maps*

c). Diagram *sekuensial user* untuk melihat halaman *about* dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4. 17 Melihat tampilan *about*

d). Diagram *sekuensial user* untuk melihat halaman *gallery* dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4. 18 Melihat tampilan *gallery*

4.9. Perancangan aplikasi

Perancangan Aplikasi menggunakan *open source visual studio* dengan bahasa yang dikenali oleh sistem yaitu Pemrograman *Hypertext Markup Language* (HTML), *Cascading Style Sheets* (CSS) sistem bisa dijalankan menggunakan *server offline* dengan menggunakan *google chrome*, agar dapat dilihat bentuk tampilan *websitenya*. Adapun bentuk tampilan aplikasinya dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4. 19 Interface halaman home

5. KESIMPULAN

Pada hasil pengolahan data dalam penelitian menggunakan citra Sentinel-2A kekeringan lahan pertanian di Tahun 2019 terjadi di Desa Weninggalih dengan luas sawah sawah 770,05 Ha dengan klasifikasi kekeringan yaitu, normal 52% dan kekeringan sangat berat 48%, Tahun 2020 kekeringan terjadi di Desa Sukajaya dengan luas sawah 340,94 Ha dengan klasifikasi kekeringan yaitu, normal 77%, dan kekeringan sangat berat 23%, Tahun 2021 kekeringan terjadi di Desa Balekambang dengan luas sawah 430,86 Ha dengan klasifikasi kekeringan yaitu, normal 33%, kekeringan sangat berat 67%, dan pada Tahun 2022 kekeringan terjadi di Desa Balekambang dengan luas sawah 392,67 Ha dengan klasifikasi kekeringan yaitu, normal 38%, dan kekeringan sangat berat 62%. Hasil dari koefisien determinasi dan korelasi pada Produktivitas dengan NDDI telah diketahui nilai koefisien determinasi atau R² adalah 0,2627 atau 26,27% dan nilai korelasi sebesar -0,513 termasuk kedalam korelasi negatif atau berlawanan arah dan menunjukkan termasuk kedalam korelasi sedang. Menampilkan berupa sistem informasi berupa Implementasi Metode *Normalize Difference Drought Indeks* terhadap produktivitas tanaman padi berbasis *WebGis* dengan menampilkan hasil data yang sudah dikerjakan dan terdapat *layout* peta kekeringan lahan sawah yang berada di Kecamatan Jonggol Tahun 2019-2022.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Meilina R. Virianita, "Persepsi Remaja terhadap Pekerjaan di Sektor Pertanian Padi Sawah di Desa Cileungsi Kecamatan Ciawi Kabupaten Bogor," *Jurnal Sains Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat [JSKPM]*, vol. 1, no. 3, pp. 339–358, Oct. 2017, doi: 10.29244/jskpm.1.3.339-358
- [2] A. Oktavia, S. Cahyadi, A. Fauzi Rahmadhoan, "Evaluasi Kesesuaian Lahan Tanaman Padi Sawah di Desa Weninggalih," *Jurnal Spatial Wahana Komunikasi dan Informasi Geografis*, vol. 22 no. 1, Maret. 2022, doi: <https://doi.org/10.21009/spatial.221.3>.
- [3] Yulianto Dion, "Buku Pintar Penanggulangan Kekeringan", Yogyakarta, Diva Press, 2021, 144.
- [4] E. Sri, A. Pusat, T. Data, P. Jauh, L. Penerbangan, A. Nasional, "Pengolahan Data dan Pengenalan Pola Tinjauan Metode Deteksi Parameter Kekeringan Berbasis Data Penginderaan Jauh." *Pengolahan Data dan Pengenalan Pola*, 2014.
- [5] F. Dwi Julianto, I. Ediyanto, "Analisis Sebaran Potensi Kekeringan Dengan Cloud Computing Platform di Kabupaten Grobogan," *Jurnal Ilmiah Geomatika*, vol. 1, no. 1, 2021, doi: <https://doi.org/10.31315/imagi.v1i1.4730>.
- [6] H. Catur, W. St, "Analisa Produktivitas Konsep Dasar dan Teknik Pengukuran Produktivitas (Disertai contoh implementasi dalam penelitian)", Sidoarjo, Jawa Timur, UmsidaPress, 2017, 4-6.
- [7] R.M Dicky, A. Karina, K.N Isnalini "The Result Of Crop Cutting Survey) Analysis Of Paddy Productivity In Indonesia, 2021." Jakarta, BPS-RI, 2022, 31.
- [8] M. Firman Farid "Penginderaan Jau Remote Sensing", Bangkalan Madura, UTM PRESS, 2015, 1-2.
- [9] S. Bambang, R.S Setiawan, S. Abu Bakar, I. Andik "Pengantar Penginderaan Jauh Kelautan". Malang, UB PRESS, 2021, 8-10.
- [10] R.S Samsu, "Mengolah Citra Pengindraan jarak jauh dengan Google Earth Engine", Yogyakarta, DeepPublish, 2020, 7.
- [11] O. Mutanga L. Kumar, "Google earth engine applications," *Remote Sensing*, vol. 11, no. 5. MDPI AG, Mar. 01, 2019. doi: 10.3390/rs11050591.
- [12] D. Ramanda Putri, A. Sukmono, B. Sudarsono, "Analisis Kombinasi Citra Sentinel-1A Dan Citra Sentinel-2A Untuk Klasifikasi Tutupan Lahan (Studi Kasus: Kabupaten Demak, Jawa Tengah)," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 7 no. 2, 2018, doi: <https://doi.org/10.14710/jgundip.2018.20660>.
- [13] D. Ariani, Y. Prasetyo, B. Sasmito, "Estimasi Tingkat Produktivitas Padi Berdasarkan Algoritma NDVI, EVI, DAN SAVI Menggunakan Citra Sentinel-2 Multitemporal (Studi Kasus: Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah)," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 9, no. 1, pp- 207-216, 2020, doi: <https://doi.org/10.14710/jgundip.2020.26165>.
- [14] E. Syifa Putri, A. Widiyari, R. A. Karim, L. Somantri, R. Ridwana, "Pemanfaatan Citra Sentinel-2 Untuk analisis Kerapatan Vegetasi Di Wilayah Gunung Manglayang," *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, vol. 9, no. 2, pp. 133–143, 2021, doi: 10.23887/jjpg.v9i2.35357.
- [15] A. Sarah "Analisis Hubungan Produksi Padi Dengan Nilai NDVI (Normalize Difference Vegetation Indeks) Menggunakan Citra Landsat 8 Di Kecamatan Ingin Jaya", 2017.

- [16] R. N. Aini, R. Saraswati, A. Wibowo, "Pola Sebaran Kekeringan Lahan Pertanian Kabupaten Serang Dengan Menggunakan Algoritma NDDI." *Prosiding Simposium Infrastruktur Informasi Geospasial*, SIIG-008, 2019.
- [17] A. Suprihatin Utomo M. Pramono Hadi dan Emilya Nurjani, "Analisis Spasial Temporal Zona Rawan Kekeringan Lahan Pertanian Berbasis Remote Sensing Temporal Spatial Analysis Of Agricultural Land Drought Susceptibility Zones By Remote Sensing." *Jurnal Tekno Sains*, vol. 11 no. 2, pp. 112-127, 2022, doi: <https://doi.org/10.22146/teknosains.67932>.
- [18] B. E. Cahyono, R. Rahagian, D. Agung, T. Nugroho, "Analisis Produktivitas Padi Berdasarkan Indeks Kekeringan (NDWI Dan NDDI) Lahan Sawah Menggunakan Data Citra Sentinel-2a Di Kecamatan Ambulu," *Indonesian 62 Journal of Applied Physics (IJAP)*, vol. 13, no. 1, p. 88, 2023, doi: [10.13057/ijap.v13i1.70682](https://doi.org/10.13057/ijap.v13i1.70682).
- [19] A. Dian Irawan, M. Ariandi, U. Bina Darma, J. Jenderal Ahmad Yani No, "Sistem Informasi Geografis Persebaran DBD Di Wilayah Kota Palembang Dengan Menggunakan ArcGIS," *Bina Darma Conference Series on Computer Science (BDCSoCS)*, 13 Nov, 2017..
- [20] J. T. Santoso, S. Kom, M. Kom, "Geographic Information System G I S Sistem Informasi Geografis." Semarang, Yayasan Prima Agus Teknik Universitas Sains & Teknologi Komputer (Universitas Stekom), 2021, 20.
- [21] D.E Agdelliano, H. Wahyu Farros, I. Muhamad, "Perencanaan Survey Sebaran Potensi Energi Terbarukan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Terapung Provinsi Jawa Barat Berbasis Visualisasi Dan Layouting," *Jurnal Teknik Energi*, vol. 18, no. 2, pp. 85-1021, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.32497/eksergi.v18i1.3222>.
- [22] Sulistiyanto, "Sistem Informasi Geografis Teori Dan Praktek Dengan Quantum GIS", Malang, Ahlimedia Press, 2021, 28.
- [23] Fitria, N. Hasanah, M. Pd, R. S. Untari, "Buku Ajar Rekayasa Perangkat Lunak Diterbitkan Oleh Umsida Press Universitas Muhammadiyah Sidoarjo," Universitas Muhammadiyah Sidoarjo I. Mojopahit No 666B Sidoarjo, Jawa Timur, Umsida Press, 2020, 64.
- [24] F. Fatmasari, S. Sauda, "Pemodelan Unified Modeling Language Sistem Informasi Enterprise Resource Planning," *Jurnal Media Informatik Budidarma*, vol. 4, no. 2, p. 429, Apr. 2020, doi: [10.30865/mib.v4i2.2022](https://doi.org/10.30865/mib.v4i2.2022).
- [25] M. Rahmayu, T. Informatika, S. Nusa, M. Jakarta, "Rancang Bangun Sistem Informasi Pada Rumah Sakit Dengan Layanan Intranet Menggunakan Metode Waterfall." *Jurnal Evolusi*, vol. 4 no. 2, doi: <https://doi.org/10.31294/evolusi.v4i2.699>.
- [26] R. S. Pressman, B. R. Maxim, "Software Engineering." 9 ed. New York: McGrawHill, 2020.