TUGAS AKHIR RM-184831

ANALISIS TINGKAT KEKERINGAN LAHAN SAWAH TERHADAP KETERSEDIAAN SUMBER AIR DENGAN ALGORITMA *THERMAL VEGETATION DRYNESS INDEX* (TVDI) (Studi Kasus: Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur)

AHMAD ALFATH SEPTIA NUGROHO
NRP 033 1 16 4000 0023

Dosen Pembimbing
Prof. Dr.Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

TUGAS AKHIR RM-184831

ANALISIS TINGKAT KEKERINGAN LAHAN SAWAH TERHADAP KETERSEDIAAN SUMBER AIR DENGAN ALGORITMA *THERMAL VEGETATION DRYNESS INDEX* (TVDI) (Studi Kasus: Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur)

AHMAD ALFATH SEPTIA NUGROHO
NRP 033 1 16 4000 0023

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA.,DESS.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

FINAL PROJECT RM-184831

ANALYSIS OF RICE FIELD DROUGHT LEVEL TOWARD THE AVAILAIBITLY OF WATER SOURCES WITH THERMAL VEGETATION DRYNESS INDEX (TVDI) ALGORITHM (Case Study: Bojonegoro Regency, East Java)

AHMAD ALFATH SEPTIA NUGROHO
NRP 033 1 16 4000 0023

Supervisor
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA.,DESS.

DEPARTEMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
Faculty of Civil, Planning, and Geo-Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Analisis Tingkat Kekeringan Lahan Sawah Terhadap Ketersediaan Sumber Air Dengan Algoritma *Thermal Vegetation Dryness Index* (TVDI)
(Studi Kasus: Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur)

Nama Mahasiswa	**:**	**Ahmad Alfath Septia Nugroho**
NRP	**:**	**033 1 16 4000 0023**
Departemen	**:**	**Teknik Geomatika**
Dosen Pembimbing	**:**	**Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS**

ABSTRAK

Bojonegoro terkenal dengan hasil pertanian padi yang mampu memenuhi sebagian besar dari kebutuhan nasional. Dari seluruh komoditas pertanian, komoditas padi merupakan potensi unggulan. Salah satu satu masalah dalam sektor pertanian adalah kekeringan. Kekeringan merupakan kondisi dimana ketersediaan air berada jauh di bawah kebutuhan. Data Dinas Pertanian Jawa Timur menyebutkan bahwa sebanyak 11,33% dari total seluruh lahan sawah di Kabupaten Bojonegoro yaitu 15.632 hektar mengalami kekeringan.

Pada penelitian ini identifikasi kekeringan dilakukan dengan menggunakan metode penginderaan jauh yang memanfaatkan algoritma *Thermal Vegetation Dryness Index* (TVDI). Indentifikasi dilakukan selama bulan Juli hingga November tahun 2019. TVDI memanfaatkan hubungan antara indeks vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dengan suhu permukaan tanah (LST). Kedua variabel tersebut bisa didapatkan dari Citra Landsat 8 OLI/TIRS. Sebelum digunakan untuk menghitung indeks kekeringan, dilakukan pengecekan nilai NDVI Citra Landsat 8. Pengecekan dilakukan dengan melakukan korelasi antara NDVI Citra Landsat 8 dengan NDVI Citra Sentinel 2 dan NDVI Kamera *Infrared*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada Bulan Juli 2019, tingkat kekeringan berada pada kelas normal dengan nilai TVDI pada rentang 0,4 s.d. 0,6. Pada bulan Agustus dan September nilai TVDI mengalai peningkatan sehingga kekeringan tergolong pada kelas agak kering dengan rentang nilai TVDI 0,6 s.d. 0,8. Puncak kekeringan terjadi pada bulan Oktober dengan tingkat TVDI mencapai nilai maksimal antara 0,8 s.d. 1. Sedangkan pada bulan November tingkat kekeringan kembali menurun pada tingkat agak kering. Untuk mengetahui hubungan kekeringan dengan sumber air, dilakukan uji korelasi antara nilai TVDI dengan volume total ketersediaan air yang berasal dari embung dan *Check* DAM. Koefisien korelasi yang didapatkan sebesar -0,192. Dimana nilai tersebut menunjukkan bahwa korelasi bersifat negatif, serta sumber air tidak berpengaruh secara langsung terhadap tingkat kekeringan.

Kata Kunci: Tingkat kekeringan, Lahan Sawah, Ketersediaan sumber air, TVDI

Analysis of Rice Field Drought Level Toward the Availability of Water Sources with Thermal Vegetation Dryness Index (TVDI) Algorithm
(Case Study: Bojonegoro Regency, East Java)

Name	**:**	**Ahmad Alfath Septia Nugroho**
NRP	**:**	**033 1 16 4000 0023**
Departement	**:**	**Teknik Geomatika**
Supervisor	**:**	**Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS**

ABSTRACT

Bojonegoro is well known in agricultural products which are capable to supply the national needs. From the various agricultural commodities, rice is a superior potential. One problem in the agriculture is drought. Drought is a condition where the availability of water is below the requirement. Data from the Dinas Pertanian Jawa Timur mention that 11.33% of the total rice fields in Bojonegoro, which is 15,632 hectares, run into drought condition.

Indentification of drought level is using remote sensing methode with a Thermal Dryness Vegetation Index (TVDI) algorithm. Identification is carried out during the dry month in 2019, i.e. July to November 2019. TVDI uses the correlation between the vegetation index that is Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Land Surface Temperature (LST). These variables could be obtained from Landsat 8 OLI / TIRS. Before the NDVI of Landsat 8 used for calculating TVDI, NDVI values of Landsat 8 were checked by comparing to NDVI Sentinel 2 and NDVI Infrared Cameras.

The result show that the drought level of July 2019 is in the normal class with TVDI values range between 0.4 to. 0.6. In August and September, the value of TVDI is increase to rather dry class with TVDI range values between 0.6 to 0.8. The peak of the drought occurred in October 2019 with the TVDI level reaching a maximum

value between 0.8 to 1. In November 2019 the level of drought decrease. To determine the relationship between drought level with water sources, correlation test is performed between TVDI values and total water volume which is Reservoir and Check DAM. The correlation coefficient value is -0,192. This value shows that it has a negative correlation, and indicates that water sources has not the directly effect to the drought level.

Keywords: Drought level, Rice field, Water sources, TVDI

ANALISIS TINGKAT KEKERINGAN LAHAN SAWAH TERHADAP KETERSEDIAAN SUMBER AIR DENGAN ALGORITMA *THERMAL VEGETATION DRYNESS INDEX* (TVDI)
(Studi Kasus: Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur)

TUGAS AKHIR
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
AHMAD ALFATH SEPTIA NUGROHO
NRP. 033 1 16 4000 0023

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:
1. Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS. ( )
   NIP. 19530527 198303 1 001

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA

SURABAYA, JULI 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **"Analisis Tingkat Kekeringan Lahan Sawah Terhadap Ketersediaan Sumber Air Dengan Algoritma *Thermal Vegetation Dryness Index* (TVDI) (Studi Kasus: Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur)"** dengan tepat waktu sesuai yang direncanakan.

Laporan ini disusun dalam rangka bentuk pertanggunjawaban intelektual atas telah dilakukannya penelitian Tugas Akhir yang dilakukan selama kurang lebih enam bulan terhitung sejak Bulan November 2019 hingga Bulan April tahun 2020.

Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada pihak-pihak yang telah membantu penyelesaian Tugas Akhir ini sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan, khususnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan kegiatan penelitian Tugas Akhir.
2. Bapak Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya serta segenap jajarannya yang telah memberikan kemudahan selama mengikuti pendidikan di Departemen Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
4. Dosen-dosen dan tenaga pendidik Departemen Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang telah membantu menyelesaikan proses pengerjaan tugas akhir
5. Seluruh teman-teman angkatan G18 yang senantiasa membantu dan mendukung penulis
6. Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Bojonegoro yang telah membantu menyediakan data tugas

akhir berupa data sebaran sumber daya air pertanian Kabupaten Bojonegoro.

7. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir.

Penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat kepada banyak pihak serta dapat menjadi literatur penelitian-penelitian sejenis yang akan dilakukan pada masa yang akan datang.

Penulis menyadari bahwa selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan ini terdapat banyak kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan ke depannya. Semoga laporan ini bisa memberikan manfaat kepada pembaca.

Surabaya, 26 Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL i
ABSTRAK v
ABSTRACT vii
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvii
BAB I. PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Batasan Masalah..... 3
1.4. Tujuan Penelitian..... 4
1.5. Manfaat Penelitian..... 4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1. Kekeringan..... 5
2.2. Sumber Air..... 5
2.3. Penginderaan Jauh..... 6
2.4. Landsat 8..... 8
2.5. Sentinel 2 10
2.6. Koreksi Atmosfer 11
2.7. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).....12
2.8. *Land Surface Temperature* (LST) 13
2.9. *Thermal Vegetation Dryness Index* (TVDI).....15
2.10. Uji Korelasi 16
2.11. Kamera Infrared 17
2.12. Drone 22
2.13. Penelitian Terdahulu.....24
BAB III. METODOLOGI 26
3.1. Lokasi Penelitian 27
3.2. Data Dan Peralatan 28
3.2.1. Data.....28
3.2.2. Peralatan.....28
3.3. Metodologi 28

BAB IV. HASIL DAN ANALISIS 34
4.1. Data Citra.....35
4.2. Perhitungan TVDI 36
4.2.1. Koreksi Atmosfer Citra Sentinel 2 36
4.2.2. Perhitungan NDVI.....38
4.2.3. Hubungan NDVI Landsat 8 Dengan NDVI Sentinel 2 46
4.2.4. Hubungan NDVI Landsat 8 Dengan NDVI Kamera *Infrared*.....53
4.2.5. Perhitungan LST.....60
4.2.6. Perhitungan TVDI 62
4.3. Tingkat Kekeringan Berdasarka TVDI.....64
4.4. Pola Kekeringan Lahan Sawah 67
4.5. Hubungan Sumber Kekeringan Dengan Sumber Air 68
4.5.1. Sebaran Sumber Air.....68
4.5.2. Hubungan TVDI dengan Sumber Air 71
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....75
5.1. Kesimpulan 75
5.2. Saran.....75
DAFTAR PUSTAKA 77
LAMPIRAN 83
A. NDVI Citra Landsat 8.....83
B. NDVI Citra Sentinel 2 86
C. Land Surface Temperature 89
D. *Scatter Plot* Batas Basah dan Batas Kering 92
E. Thermal Vegetation Dryness Index 97
F. Dokumentasi 100
BIODATA PENULIS 102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Komponen Penginderaan Jauh 7
Gambar 2. 2. Kamera Mapir Survey 3 18
Gambar 2. 3. DJI Phantom 4 Pro 22
Gambar 3. 1. Peta Tentatif Analisis Tingkat Kekeringan Kabupaten Bojonegoro Tahun 2019 27
Gambar 3. 2. Diagram Alir Penelitian 29
Gambar 3. 3. Diagram Alir Pengolahan Data.....30
Gambar 4. 1. Citra Sentinel 2 Level 1.....36
Gambar 4. 2. Citra Sentinel 2 Level 2.....37
Gambar 4. 3. NDVI Citra Landsat 8 Bulan Oktober 2019.....40
Gambar 4. 4. NDVI Citra Sentinel 2 Bulan November 2019.....41
Gambar 4. 5. Hasil Perekaman Foto Kamera *Infrared* Sebelum Dikalibrasi 43
Gambar 4. 6. Hasil Perekaman Foto Kamera *Infrared* Setelah Dikalibrasi 43
Gambar 4. 7. NDVI Kamera *Infrared* Kecamatan Kalitidu 44
Gambar 4. 8. NDVI Kamera *Infrared* Kecamatan Balen.....45
Gambar 4. 9. Sebaran Titik Sampel 47
Gambar 4. 10. Korelasi NDVI Citra Landsat 8 dengan NDVI Citra Sentinel 2 Bulan Juli 2019 52
Gambar 4. 11. Lokasi Pengambilan Data Kamera *Infrared*.....53
Gambar 4. 12. Sebaran Titik Sampel Kamera *Infrared* Kecamatan Kalitidu.....54
Gambar 4. 13. Sebaran Titik Sampel Kamera *Infrared* Kecamatan Balen 55
Gambar 4. 14. Korelasi NDVI Citra Landsat 8 Bulan November 2019 Dengan NDVI Kamera *Infrared*.....59
Gambar 4. 15. *Land Surface Temperature* Kabupaten Bojonegoro Bulan September 2019 61
Gambar 4. 16. Batas Kering TVDI Bulan Oktober 2019.....63
Gambar 4. 17. Batas Basah TVDI Bulan Oktober 2019 64
Gambar 4. 18. TVDI Kabupaten Bojonegoro Bulan September 2019.....65

Gambar 4. 19. Grafik Pola Kekeringan Lahan Sawah Kabupaten Bojonegoro 67
Gambar 4. 20. Embung Mayangkawis Ds. Mayangkawis Kec. Balen Kab. Bojonegoro 69
Gambar 4. 21. DAM Klepek Kabupaten Bojonegoro.....69
Gambar 4. 22. Korelasi TVDI Dengan Keterseduaan Sumber Air 73

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Band Citra Satelit Landsat 8 9
Tabel 2. 2. Parameter Orbit Landsat 8 10
Tabel 2. 3. Band Citra Satelit Sentinel 2 11
Tabel 2. 4. Klasifikasi NDVI.....13
Tabel 2. 5. Klasifikasi Kekeringan Berdasarkan Nilai TVDI.....16
Tabel 2. 6. Klasifikasi Tingkat Hubungan Korelasi.....17
Tabel 2. 7. Spesifikasi Kamera Mapir Survey 3 19
Tabel 2. 8. Spesifikasi DJI Phantom 4 Pro.....23
Tabel 4. 1. Daftar Citra yang Digunakan 35
Tabel 4. 2. Perbedaan Nilai Statistik Citra Sentinel 2 Level 1 dan Level 2.....38
Tabel 4. 3. Rentang NDVI Citra Landsat 8.....39
Tabel 4. 4. Rentang NDVI Sentinel 2 41
Tabel 4. 5. NDVI Kamera *Infrared* 46
Tabel 4. 6. Lokasi Titik Sampel 47
Tabel 4. 7. Nilai NDVI Citra Landsat 8 pada Titik Sampel 48
Tabel 4. 8. Nilai NDVI Citra Sentinel 2 pada Titik Sampel.....50
Tabel 4. 9. Koefisien Korelasi NDVI Citra Landsat 8 dengan NDVI Citra Sentinel 2 52
Tabel 4. 10. Titik Sampel Kecamatan Kalitidu dan Balen 55
Tabel 4. 11. NDVI Citra Landsat 8 Kecamatan Kalitidu dan Kecamatan Balen.....56
Tabel 4. 12. NDVI Kamera Infrared Kecamatan Kalitidu dan Kecamatan Balen.....58
Tabel 4. 13. Koefisien Korelasi NDVI Citra Landsat 8 dengan NDVI Kamera *Infrared* 59
Tabel 4. 14. Nilai LST Pada Titik Sampel 62
Tabel 4. 15. Batas Kering dan Batas Basah.....63
Tabel 4. 16. Nilai TVDI Pada Titik Sampel 66
Tabel 4. 17. Sebaran Embung.....70
Tabel 4. 18. Sebaran *Check* DAM 70
Tabel 4. 19. Total Sumber Air 71
Tabel 4. 20. Nilai TVDI Dengan Total Sumber Air 72

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kabupaten Bojonegoro terkenal dengan hasil pertanian padi yang mampu memenuhi sebagian besar dari kebutuhan nasional (Pamungkas, dkk., 2017). Berbagai macam komoditas pertanian yang dihasilkan seperti padi, jagung, kedelai, ubi kayu, ubi jalar, kacang tanah serta kacang hijau. Dari seluruh komoditas pertanian yang ada, komoditas padi merupakan potensi unggulan dari sektor pertanian Kabupaten Bojonegoro. Luas areal tanam padi Kabupaten Bojonegoro mencapai 137.925 Ha dengan produksi sebanyak 707.970,41 ton tiap tahun (Badan Pembangunan Daerah Kabupaten Bojonegoro).

Salah satu satu masalah dalam sektor pertanian adalah kekeringan dimana kekeringan disebabkan oleh menurunnya curah hujan pada jangka waktu yang cukup lama (Badan Penanggulangan Bencana Nasional, 2014). Hal ini disebabkan oleh interaksi atmosfer dan laut serta ketidak teraturan suhu permukaan laut yang terjadi di Indonesia. Fenomena ini sering dikenal dengan fenomena El Nino *(Indian Ocean Dipole)* positif, dan siklus muson. Kekeringan adalah salah satu jenis bencana yang terjadi secara perlahan dan berlangsung lama (BNPB, 2014).

Data Kementrian Pertanian (2019) tercatat bahwa hingga Bulan Juli 2019, lahan padi yang mengalami gagal panen atau puso akibat kekeringan mencapai 31 ribu hektar. Jumlah lahan kering dan puso ini lebih luas jika dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Salah satu daerah dengan tingkat kekeringan tinggi adalah Kabupaten Bojonegoro. Data Dinas Pertanian Jawa Timur menyebutkan bahwa sebanyak 11,33% dari total seluruh lahan sawah di Kabupaten Bojonegoro yaitu 15.632 hektar mengalami kekeringan dan 2.102 mengalami puso.

Kekeringan tersebar di Kecamatan Kepohbaru, Sumberejo, Dander, Sugihwaras, Sukosewu, dan beberapa Kecamatan lainnya. Berdasarkan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kabupaten Bojonegoro, arah kebijakan pembangunan berada pada tahap III yakni pembangunan diarahkan untuk membangun daya saing daerah sebagai lumbung pangan. Dengan demikian perlu dilakukan *monitoring* guna mengetahui tingkat kekeringan yang terjadi pada lahan pertanian serta bagaimana pola sebarannya sehingga dapat meminimalisir terjadinya gagal panen.

Dengan menggunakan indeks kekeringan *Thermal Vegetation Dryness Index* (TVDI) dapat dilihat tingkat kekeringan yang terjadi pada suatu wilayah. TVDI cocok digunakan untuk pemantauan kekeringan dengan wilayah cakupan yang luas (Aixia et al., 2007). TVDI dihitung berdasarkan suhu permukaan dan indeks vegetasi. Indeks vegetasi adalah salah satu parameter yang digunakan untuk menganalisis keadaan vegetasi dari suatu wilayah dengan melihat kerapatan vegetasi yang ada. Indeks vegetasi yang digunakan adalah NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Suhu permukaan atau *Land Surface Temperature* (LST) merupakan nilai yang yang menunjukkan suhu pada permukaan bumi.

NDVI dan LST dapat diperoleh dari pengolahan citra Landsat 8. Citra Landsat 8 dipilih karena memiliki dua instrument yaitu OLI (*Operational Land Imager*) dan TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) (USGS). Citra Landsat 8 OLI digunakan untuk mendapatkan nilai NDVI sedangkan LST didapatkan dari pengolahan Citra Landsat 8 TIRS karena memiliki band *thermal*. Data NDVI Landsat 8 diverifikasi dengan Sentinel 2 dan data kamera *near infrared*. Sentinel 2 dipilih sebagai verifikator karena memiliki resolusi spasial yang lebih tinggi dibandingkan dengan Landsat 8. Namun, validasi tetap diperlukan dengan citra yang memiliki resolusi spasial lebih tinggi (Prayoga, 2017). Dalam

penelitian ini citra dengan resolusi tinggi didapatkan dari data lapangan dengan kamera *near infrared*.

Kekeringan merupakan kondisi dimana ketersediaan air berada jauh di bawah kebutuhan air untuk kebutuhan hidup, pertanian, kegiatan ekonomi, dan lingkungan (BNPB, 2014). Untuk itu dilakukan uji korelasi antara tingkat kekeringan dengan sebaran sumber air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana hubungan kedekatan antara tingkat kekeringan yang terjadi terhadap sebaran sumber air yang ada.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dari penelitian ini adalah:

a. Bagaimana pola kekeringan lahan sawah di Kabupaten Bojonegoro?
b. Bagaimana tingkat kekeringan di Kabupaten Bojonegoro?
c. Bagaimana hubungan antara tingkat kekeringan dengan sebaran sumber air di Kabupaten Bojonegoro?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Penelitian ini dilakukan di wilayah Kabupaten Bojonegoro, Provinsi Jawa Timur. khususnya pada kecamatan Balen, Bojonegoro, Dander, Kalitidu, Kapas, Kepohbaru, Malo, Ngasem, Sumberejo, Trucuk.
b. Daerah yang dianalisis merupakan lahan sawah dengan tanaman padi.
c. Data yang digunakan yaitu Citra Landsaat 8 (Bulan Juli-Desember 2019), Citra Sentinel 2 (Bulan Juli-November 2019).
d. Validasi lapangan dilakukan dengan menggunakan data Data Kamera *Infrared*.

e. Sumber air yang dimaksud berupa Bendungan/*Check* DAM dan Embung.
f. Hasil dari penelitian ini berupa peta kekeringan Kabupaten Bojonegoro.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

a. Melakukan perhitungan TVDI untuk mengetahui tingkat kekeringan lahan sawah di kabupaten Bojonegoro.
b. Melakukan analisis pola kekeringan lahan sawah di Kabupaten Bojonegoro berdasarkan algoritma TVDI
c. Melakukan analisis tingkat kekeringan dengan ketersediaan sumber air di Kabupaten Bojonegoro.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Mengetahui sebaran tingkat kekeringan lahan sawah yang terjadi di Kabupaten Bojonegoro selama bulan kering 2019.
b. Mengetahui pola kekeringan yang lahan sawah di Kabupaten Bojoegoro.
c. Mengetahui hubungan antara tingkat kekeringan dengan sebaran sumber air.
d. Sebagai saran pada dinas terkait dalam proses mitigasi bencana kekeringan lahan sawah.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kekeringan

Kekeringan merupakan kondisi dimana ketersediaan air berada jauh di bawah kebutuhan air untuk kebutuhan hidup, pertanian, kegiatan ekonomi, dan lingkungan (BNPB, 2014). Kekeringan dapat terjadi secara meteorologis serta klimatologis. Secara meteorologis kekeringan disebabkan oleh adanya distribusi air hujan yang tidak merata. Hal ini menghasilkan volume air permukaan seperti sungai, danau, dan lain-lainnya berada di bawah ambang batas minimum atau bahkan karena kekeringan berkepanjangan menyebabkan penipisan air tanah cadangan karena penguapan dan transpirasi. Secara klimatologis, kekeringan disebabkan akibat adanya perubahan iklim yang sering terjadi. Perubahan iklim yang dimaksud adalah anomali *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO) (Rahman, dkk, 2017).

Kekeringan berhubungan dengan keseimbangan antara kebutuhan dan pasokan air untuk berbagai keperluan. Dampak kekeringan dapat terjadi pada berbagai sektor terutama pertanian, perkebunan, kehutanan, sumber daya air dan lingkingan. Adapun yang dimaksud kekeringan di bidang pertanian adalah kekeringan yang terjadi di lahan pertanian yang sedang dibudidayakan. Dampak kekeringan selain berkurangnya ketersediaan dan pasokan air adalah penurunan produksi pangan dan kebakaran lahan (Adiningsih, 2014).

2.2. Sumber Air

Air merupakan salah satu kebutuhan sangat esensial dalam kehidupan (Darma, 2012). Dalam bidang pertanian, air menjadi salah satu sumber penggerak agraria yang menduduki posisi strategis, khususnya pertanian sawah yang menjadi basis utama ketahanan pangan nasional (Tarigan,

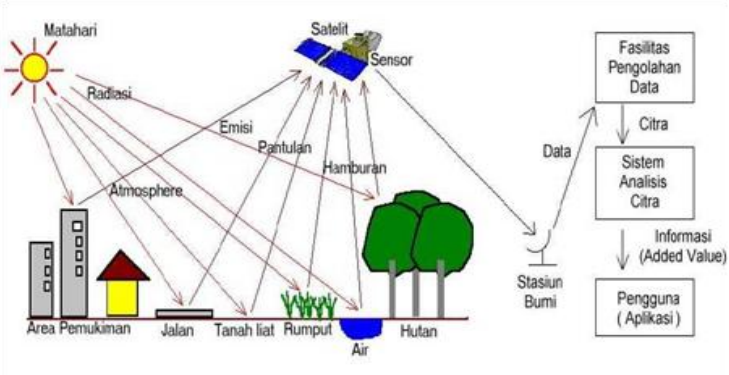
2016). Indonesia menduduki urutan kelima negara- negara yang kaya air setelah Brasil, Rusia, Cina, dan Kanada. Hal ini tercermin dari potensi ketersediaan air permukaan yang menurut catatan Depkimpraswil rata-rata mencapai 15.500 m3/kapita/tahun, jauh melebihi rata-rata dunia yang hanya 600 m3/kapita/tahun (Sosiawan, 2009). ketersediaan air sangat bervariasi menurut ruang dan waktu.

Adanya sumber air bagi pertanian tidak hanya berkaitan dengan aspek produksi melainkan sangat menentukan potensi perluasan area tanam, intensitas penanaman, serta kualitas hasil (Kurnia, 2004). Dalam proses pertumbuhan, tanaman membutuhkan air dalam jumlah yang berbeda-beda. Hal ini bergantung pada jenis tanaman, umut tanaman serta fase pertumbuhan tanaman. pada pertumbuhan tanaman padi terjadi sesuai dengan ketersediaan air yang memungkinkan tanaman terhindar dari kekeringan pada akhir pertumbuhan, karena pada saat pengisian bulir padi lahan sawah harus digenangi air agar pengisian bulir padi menjadi optimal dan serempak serta ketika hendak panen lahan sawah harus dikering kembali agar padi masak secara serempak (Rahmatin, 2018).

2.3. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tenteng objek dengan cara menganalisis menggunakan kaidah data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap objek yang dikaji (Landgebre, 2003). Alat yang digunakan dalam penginderaan jauh disebut dengan sensor yang dipasang di angkasa seperti balon udara, pesawat terbang, satelit, maupun wahana lainnya. Sensor yang digunakan dapat berupa kamera, magnetometer, maupun radiometer. Sensor tersebut merekam pantulan gelombang dari objek yang di rekam (Pusat Data Penginderaan Jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, 2009).

Dalam penginderaan jauh, perekaman objek dapat dilakukan karena adanya tenaga elektromagnetik yang dipantulkan ke bumi dan ditangkap oleh sensor yang disimpan oleh wahana. Karena itu untuk memperoleh data penginderaan jauh tersebut diperlukan komponen–komponen penginderaan jauh, diantaranya: tenaga, objek, sensor, detector, dan wahana. Komponen tersebut saling mendukung dalam perekaman objek, karena setiap komponen harus saling berinteraksi (Sutanto, 1994). Sistem penginderaan jauh terdiri atas berbagai komponen yang teritegrasi. Kompoen tersebut meliputi sumber tenaga, atmosfer, objek sensor dengan wahana, pengolahan data, interpretasi atau analisis dengan serta pengguna.



Gambar 2. 1. Komponen Penginderaan Jauh
(Sumber: Kusumowidagdo-Penginderaan Jauh dan Interpretasi Peta)

Berdasarkan jenis tenaga yang digunakan, terdapat dua macam sensor, yaitu sensor aktif serta sensor pasif (Kusumowidagdo, 2007). Sensor aktif adalah sensor yang menggunakan sumber tenaga dari buatan manusia, sedangkan sensor pasif menggunakan sumber tenaga alamiah seperti matahari. Dalam perjalanannya menuju Bumi, gelombang elektromagnet yang dipancarkan oleh

sensor melewati berbagai macam hambatan. Hambatan-hambatan tersbeut disebabkan oleh adannya butiran gas, awa, serta butiran uap air yang ada di atmosfer. Hambatan data berupa hamburan, serapan, dan pantulan (Landgebre, 2003).

Hasil perekaman dengan menggunakan wahana satelit disebut dengan citra. Citra dapat diartikan sebagai gambaran yang tampak dari suatu objek yang sedang diamati, sebagai hasil liputan atau rekaman suatu alat pemantau. Sebuah citra terbentuk dalam format digital yang tersusun dari beberapa unsur gambar atau disebut piksel. Tingkat kecerahan piksel ini direpresentasikan oleh nilai numerik atau *digital number* (DN) pada masing-maisng piksel. Sensor secara elektronik merekam energi elektromagnetik sebagai sekumpulan DN yang akan menyusun gambar. Istilah lain yang penting dalam karakteristik citra adalah *band* atau *channel* (band/saluran). Informasi dari *range* panjang gelombang yang berdekatan dikumpulkan menjadi satu dan disimpan dalam band. Dalam pengolahan dan pemilihan citra satelit yang akan dipakai untuk kebutuhan tertentu, ada hal-hal yang harus diperhatkan, diantaranya adalah resolusi spektral, resolusi spasial, resolusi radiometrik, dan resolusi temporal (Kusumowidagdo, 2007).

2.4. Landsat 8

Landsat 8 merupakan kelanjutan dari misi Landsat yang untuk pertama kali menjadi satelit pengamat bumi sejak 1972 (Landsat 1). Dalam perkembangannya dilakukan berbagai macam perbaikan resolusi spasial, spektral hingga radiometrik. Pada tahun 2013 diluncurkan satelit generasi berikutnya, yaitu satelit Landsat-8. Pemanfaatan dari citra Landsat banyak digunakan untuk berbagai kegiatan survei maupun penelitian diantaranya dalam bidang geologi, pertambangan, geomorfologi, hidrologi hingga kehutanan. Satelit landsat 8 memiliki sensor *Onboard Operational Land*

Imager (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* dengan 11 band. Pada 9 band (badn 1- band 9) berada pada OLI sedangkan band 10 dan band 11 pada TIRS (Purwanto, 2018). Daftar band yang ada pada citra satelit landsat 8 dijelaskan pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Band Citra Satelit Landsat 8

Band	**Panjang Gelombang (µm)**	**Resolusi Spasial (m)**
Band 1 – *Coastal Aerosol*	0,43 – 0,45	30
Band 2 – *Blue*	0,45 – 0,51	30
Band 3 – *Green*	0,53 – 0,59	30
Band 4 – *Red*	0,64 – 0,67	30
Band 5 – *Near Infrared* (NIR)	0,85 – 0,88	30
Band 6 – SWIR 1	1,57 – 1,65	30
Band 7 – SWIR 2	2,11 – 2,29	30
Band 8 – *Panchromatic*	0,50 – 0,68	15
Band 9 – *Cirrus*	1,36 – 1,38	30
Band 10 – *Thermal Infrared* (TIRS) 1	10,60 – 11,19	100
Band 11 – *Thermal Infrared* (TIRS) 2	11,50 – 12,51	100

(Sumber: USGS)

Dengan menggabungkan komposit band-band spektral pada Landsat 8 menjadi citra berwarna, dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan membedakan karakteristik serta kondisi dan ciri penutup lahan. Selain itu, band-band multispektral data satelit Landsat 8 dengan resolusi spasial 30 meter ideal untuk pendeteksian, pengukuran, dan untuk menganalisis perubahan-perubahan objek-objek pada permukaan Bumi pada level yang rinci. Dimana pengaruh alamiah dan aktifitas yang diakibatkan

manusia, dapat diidentifikasi dan dinilai secara akurat (Sitanggang, 2010). Parameter orbit Landsat 8 ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2. Parameter Orbit Landsat 8

Jenis Orbit	Mendekati lingkaran sinkronmatahari
Ketinggian	705 km
Inklinasi	98,2^{o}
Periode	99 menit
Waktu Input ulang resolusi temporal)	16 hari
Descending Node-LTDN (Local Time on Descending Node-LTDN) nominal	Jam 10.00 s/d 10.15

(Sumber: USGS)

2.5. Sentinel 2

Sentinel-2A merupakan satelit observasi yang dikeluarkan oleh *European Space Agency* (ESA). Satelit ini dikeluarkan pada tanggal 23 Juni 2015 menggunakan kendaraan peluncur Vega. Satelit ini adalah salah satu dari dua satelit pada Program Copernicus yang telah diluncurkan dari total perencanaan sebanyak enam satelit (Andini, 2018). Sentinel 2 adalah salah satu satelit penginderaan jauh dengan sensor pasif. Pada sentinel terdapat 4 band dengan resolusi spasial 10 m, 6 band dengan resolusi 20 m, 3 band dengan resolusi 60 m (Nadira, 2018). Daftar band citra sentinel 2 ditunjukkan pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3. Band Citra Satelit Sentinel 2

Band	**Panjang Gelombang (µm)**	**Resolusi Spasial (m)**
Band 1 – *Coastal Aerosol*	0,443	60
Band 2 - *Blue*	0,490	10
Band 3 - *Green*	0,560	10
Band 4 - *Red*	0,665	10
Band 5 – *Vegetation Red Edge*	0,705	20
Band 6 – *Vegetation Red Edge*	0,740	20
Band 7 – *Vegetation Red Edge*	0,783	20
Band 8 – *NIR*	0,842	10

(Sumber: ESA)

Citra sentinel 2 adalah jenis citra mltispektral dengan karakteristik nilai *field of view* 290 km, resolusi temporal 5 hari, dan jumlah band sebanyak 13. Citra sentinel cocok digunakan untuk melakukan pengamatan objek biofisik dan biokimia (Daud, 2019). Citra Sentinel-2 digunakan sebagai data dasar untuk beragam aplikasi pada bidang pertanian dan kehutanan. Citra ini juga berpotensi untuk digunakan dalam penelitian tentang kondisi tanaman pertanian dan sekitarnya. Pada penerapannya citra penginderaan jauh ini memberikan kemudahan baik dari pengumpulan data yang cepat serta murah serta memungkinkan pengumpulan data pada medan yang sulit untuk dijangkau dengan menggunakan metode terestris (Putri, dkk. 2018)

2.6. Koreksi Atmosfer

Koreksi atmosfer dilakukan untuk menghilangkan efek atmosfer dari data yang direkam sehingga dapat meningkatkan akurasi reflektan (Jaelani, 2019). Hamburan atmosfer bervariasi menurut panjang gelombang, oleh karena itu nilai koreksi atmosfer berbeda-beda pada masing-masing band citra. Koreksi atmosfer sendiri adalah koreksi

yang dilakukan sesaui dengan kebutuhan. koreksi tidak perlu dilakukannya jika data digunakan untuk keperluan klasifikasi. Sedangkan untuk proses penelitian lebih lanjut yang menitik beratkan pada *spectral* dan kanal, koreksi ini harus dilakukan. Pada citra Sentinel-2, koreksi atmosfer dilakukan dengan menggunakan metode Sen2Cor. Metode Sen2Cor ini diluncurkan oleh *European Space Agency* (ESA) melalu perangkat lunak SNAP yang digunakan sebagai metode khusus untuk citra satelit Sentinel 2.

2.7. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan indeks yang menggambarkan kehijauan suatu tanaman. Indeks ini menggambarkan aktivitas fotosintesis vegetasi dan salah satu indeks vegetasi yang paling sering digunakan. Pada pengaplikasian dalam analisis tingkat kekeringan, semakin rendah nilai NDVI maka tingkat kekeringan semakin tinggi. Sebaliknya jika nilai semakin tinggi, maka menunjukkan daerah tersbeut mempunyai tingkat kerawanan terhadap kekeringan yang tergolong rendah (Fadlillah, dkk., 2018).

NDVI didapatkan dengan melakukan komposit kanal *Near Infrared* dengan kanal merah seperti pada algoritma 2.1 (Fadhillah, dkk. 2018). Nilai NDVI berkisar antara -1 hingga 1. Nilai negatif menunjukkan daerah dengan kerapatan vegetasi yang rendah, sedangkan nilai positif menunjukkan daerah dengan kerapatan vegetasi tinggi. Indeks vegetasi didapatkan dari kombinasi matematis antara band merah dan band NIR (Near-Infrared Radiation) (Afif, dkk., 2019).

$$NDVI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{RED})}{(\rho_{NIR} + \rho_{RED})} \tag{2.1}$$

Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.23/Menhut-II/2012 indeks vegetasi NDVI dibagi menjadi 5 kelas seperti pada tabel 2.4.

Tabel 2. 4. Klasifikasi NDVI

Kelas	Nilai NDVI	Keterangan
1	-1,00 s/d -0,30	Lahan tidak bervegetasi
2	-0,30 s/d 0,15	Kehijauan sangan renda
3	0,15 s/d 0,25	Kehijauan rendah
4	0,25 s/d 0,35	Kehijauan sedang
5	0,35 s/d 1,00	Kehijauan tinggi

(Sumber: Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.23/Menhut-II/2012, 2012)

2.8. *Land Surface Temperature* (LST)

Temperatur permukaan tanah atau *Land Surface Temperature* (LST) adalah keadaan yang dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, atmosfer, sifat termal dari permukaan, serta media bawah permukaan tanah (Nilasari, dkk 2017). Suhu permukaan adalah bagaimana panas permukaan bumi menyentuh di lokasi tertentu (dari titik pandang satelit, permukaan adalah apa saja yang dilihatnya ketika itu terlihat melalui atmosfer ke tanah, berupa rumput di halaman rumput, atap bangunan, atau daun-daun kanopi tanaman hutan) (Nugroho, dkk, 2016). Temperatur permukaan suatu wilayah dapat diidentifikasikan dari citra satelit Landsat yang diekstrak dari band thermal. Data suhu permukaan/*Suhu Permukaan Tanah* didapatkan dari proses pengolahan data citra satelit Landsat 8 TIRS pada band 10. Menurut Jimenez-Munoz, dkk. (2009&2014) algoritma yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$LST = \gamma \left[\frac{1}{\varepsilon}(\psi_1 L_\lambda + \psi_2) + \psi_3\right] + \delta \qquad (2.2)$$

$$\gamma = \left\{\frac{c_2 L_\lambda}{T^2}\left[\frac{\lambda^4 L_\lambda}{c_1}\frac{1}{\lambda}\right]\right\}^{-1} \tag{2.3}$$

$$\delta = -\gamma \cdot L_\lambda + T \tag{2.4}$$

Dimana:

LST	=	*Suhu Permukaan Tanah* (K)
T	=	*At-Satellite brightness temperature* (K)
L_λ	=	*TOA spectral radiance (Watts/(m^2 * srad * μm))*
λ	=	panjang gelombang efektif untuk citra Landsat 8 TIRS kanal 10 (10, 895 µm)
c1	=	konstanta radiasi Planck ($1{,}19104 \times 10^8$ W μm^4 m^{-2} sr^{-1})
c2	=	Konstantas radisi Planck ($1{,}43877 \times 10^4$ µm K)
ψ_1, ψ_2, ψ_3	=	Parameter Koreksi Atmosfer

Deteksi suhu permukaan mempertimbangkan emisivitas vegetasi dan emisivitas tanah dengan algoritma 2.5. Nilai emisivitas dapat diturunkan dari data *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).

$$\varepsilon = \varepsilon_{v\lambda} \cdot P_v + \varepsilon_{s\lambda} \cdot (1 - P_v) + C_\lambda \tag{2.5}$$

dimana P_V disajikan pada algoritma 2.6 dan C_λ pada algoritma 2.7.

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s}\right)^2 \tag{2.6}$$

$$C_\lambda = (1 - \varepsilon_{s\lambda})\varepsilon_{v\lambda} \cdot \acute{F}(1 - P_v) \tag{2.7}$$

P_V merupakan nilai proporsi vegetasi pada suatu wilayah, sedangkan C_λ adalah *cavity effect* adalahh nilai tingkat

kekasaran dari suatu daerah yang disebabkan oleh adanya tekstur pada permukaan tanah yang terekam oleh citra.

2.9. *Thermal Vegetation Dryness Index* (TVDI)

Kajian kekeringan pada objek pertanian erat kaitannya dengan dengan kesetimbangan air pada siklus tanaman. Untuk itu diperlukan indeks kekeringan yang dapat menerangkan variasi temporal serta variasi spasial dari kondisi tanaman pertanian untuk *monitoring* kekeringan pertanian. Salah satu indeks kekeringan pertanian yang mencerminkan perilaku vegetasi dan kondisi suhu tanah adalah *Temperature Vegetation Dryness Index* (TVDI) yang pertama kali dikemukakan oleh Sandholt pada tahun 2002 (Ibrani, 2013). Pada penelitian yang dilakukan oleh Fathoni pada tahun 2015 TVDI digunakan untuk melakukan pemetaan kekeringan pada lahan pertanian.

Indeks vegetasi merupakan indeks yang baik untuk mengetahui tingkat kehijauan dan kondisi tanaman, namun indeks ini tidak mampu memberikan informasi mengenai kondisi pada tanahnya. Sedangkan LST dapat memberikan informasi tentang besarnya panas dari permukaan. Hal ini berkaitan dengan proses transpirasi dan evaporasi. Integrasi antara indeks vegetasi dan suhu permukaan tanah ke dalam TVDI dapat memberikan informasi serta gambaran mengenai kekeringan pada lahan pertanian. (Parwati, dkk, 2008). TVDI digambarkan dalam rumus 2.8.

$$TVDI = \frac{LST - Ts\ min}{Ts\ \max - Ts\ min} \tag{2.8}$$

Dimana:

$Ts\ min$: Suhu permukaan minimun yang mendefinisikan sisi basah (Tsmin=a+b NDVI, nilai NDVI pada batas bawah, a adalah konstanta dan b adalah koefisien NDVI)

Ts : Suhu permukaan pada suatu piksel

$Ts\ max$: Suhu Permukaan maksimum mendefinisikan sisi kering (Ts max=a+b NDVI, nilai NDVI pada batas atas, a adalah konstanta dan b adalah koefisen NDVI)

Rentang nilai TVDI adalah 0 sampai dengan 1. Kekeringan berdasarkan indeks TVDI diklasifikasikan menjadi 5 tingkatan (Sandholt et al., 2002). Klasifikasi tersebut disajikan pada tabel 2.5.

Tabel 2. 5. Klasifikasi Kekeringan Berdasarkan Nilai TVDI

Tingkat Kekeringan	**Nilai TVDI**
Basah	$0{,}0 < TVDI \leq 0{,}2$
Agak Basah	$0{,}2 < TVDI \leq 0{,}4$
Normal	$0{,}4 < TVDI \leq 0{,}6$
Agak Kering	$0{,}6 < TVDI \leq 0{,}8$
Kering	$0{,}8 < TVDI \leq 1{,}0$

(Sumber: Sandholt *et al.*, 2002)

2.10. Uji Korelasi

Uji Korelasi merupakan istilah statistik yang gigunakan untuk menyatakan hubungan *linear* antara dua variabel atau lebih. Selain itu uji korelasi juga digunakan untuk mengetahui seberapa kuat hubungan atau derajat keeratan kedua variabel tersebut. Koefisien korelasi antara dua variabel (*bivariat*e) yang biasa digunakan adalah koefisien korelasi momen hasil kali Pearson. Koefisien korelasi Pearson dinotasikan dengan *r* pada persamaan 2.9. Data penyebab atau yang mempengaruhi disebut variabel bebas (*independent*) sedangkan data akibat atau yang dipengaruhi disebut variabel terikat (dependent). Variabel terikat dilambangkan dengan huruf X. biasanya terdapat X1, X2, X3, dan seterusnya. Variabel terikat dilambangkan dengan huruf Y (Nugroho, 2008).

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n \sum x_i{}^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i{}^2 - (\sum y_i)^2)}} \quad (2.9)$$

Dimana:
rxy : kerelasi antara variabel X dan variabel Y
xi : nilai X ke i
yi : nilai Y ke i
n : banyaknya nilai

Indeks yang mengukur keeratan hubungan antara dua variabel disebut dengan koefisien korelasi. Niali koefisien kroelasi memiliki rentang dari -1 hingga 1. Nilai 1 menunjukkan hubungandua variabel sempurna dan positif. Nilai mendekati 1 menunjukkan hubungan yang kuat dan positif. Nilai -1 menunjukkan hubungan sempurna dan negatif. Nilai mendekati -1 menunjukkan hubungan yang sangat kuat dan negatif. Interval koefisien korelasi memiliki 5 kelas yaitu.

Tabel 2. 6. Klasifikasi Tingkat Hubungan Korelasi

Interval Koefisien Korelasi	**Tingkat Hubungan Korelasi**
0,000 – 0,199	Sangat Rendah
0,200 – 0,399	Rendah
0,400 – 0,599	Sedang
0,600 – 0,799	Kuat
0,800 – 1,000	Sangat Kuat

(Sumber: Sugiyono, 2006)

2.11. Kamera Infrared

Kamera *Infrared* mengambil gambar dengan merah, hijau, dan *near infrared*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Goldberg untuk melakukan *monitoring* terhadap *blooming algal* pada wilayah perairan dengan transformasi indeks vegetasi NDVI. Dalam penelitian lain kamera Mapir digunakan untuk melakukan *monitoring* terhadap kesehatan tanaman dengan meode yang sama yaitu transformasi

NDVI. Nilai NDVI untuk vegetasi berada pada rentang 0,4 hingga 0,55. Nilai untuk bidang berwarna coklat dengan sebaran rumput memiliki rentang nilai 0,15 hingga 0,25. sedangkan bangunan dan jalan memiliki rentang nilai NDVI dari -0,1 hingga 0,1 (Schultz, 2017).

Tabel 2. 7. Rentang NDVI Kamera *Infrared*

Rentang NDVI Kamera Infrared	**Jenis Tutupan Lahan**
0,40 – 0,55	Vegetasi hijau
0,15 – 0,25	Rumput dan tajuk coklat
-0,10 – 0,10	Jalan dan Bangunan

(Sumber: Schultz, 2017)

Kamera *indfrared* dipilih karena harga yang cukup terjangkau jika dibandingkan dengan alat lain yang serupa serta ukuran dan spesifikasinya yang cukup baik (O'Keefe, 2018). Spesifikasi dari kamera Mapir Survey 3 disajikan pada tabel 2.7.

Gambar 2. 2. Kamera Mapir Survey 3
(Sumber: MAPIR)

Tabel 2. 8. Spesifikasi Kamera Mapir Survey 3

Mapir Surve 3	
Image Resolution	12 MegaPixel (4.000 x 3.000 px)
Image Format	RAW+JPG, JPG (RAW is 12bit per *channel*, JPG is 8bit *per channel*)
Video Resolution	2160p24, 1440p30, 1080p60, 720p60
Video Format	MP4 (H.264 Codec)
Lens Optics Options	Survey3W: 87° HFOV (19mm) f/2.8 *Aperture*, -1% *Extreme Low Distortion* (*Non-Fisheye*) *Glass Lens*
	Survey3N: 41° HFOV (47mm) f/3.0 *Aperture*, -1% *Extreme Low Distortion (Non-Fisheye) Glass Lens*
Filter Transmission Options	*Visible Light* (RGB): 375nm - 650nm
	OCN (*Orange*+*Cyan*+NIR): 490nm/615nm/808nm
	RGN (*Red*+*Green*+NIR): 550nm/660nm/850nm
	NGB (NIR+*Green*+*Blue*): 475nm/550nm/850nm
	*Red-Edg*e (RE): 725nm
	Near Infrared (NIR): 850nm
Ground Sample Distance (GSD)	Survey3W: 5.5 cm/px (2.17in/px) at 120 m (~400 ft) AGL
	Survey3N: 2.3 cm/px (0.9in/px) at 120 m (~400 ft) AGL

Mapir Survey 3	
Sensor	Sony Exmor R IMX117 12MP (Bayer RGB)
Chipset	Novatek NTK96663
GPS/GNSS (External)	*Standard*: u-blox UBX-G7020-KT
	Advanced: u-blox NEO-M8
Capture Speed	RAW+JPG: 2.75 *Seconds / Photo*. JPG: 1.5 *Seconds / Photo*
Remote Trigger	PWM via HDMI *Port (see below)*
Battery	*Removable* Li-ion (1200mAh) *(Not Required When USB Powered)*
Power Draw	5.2V 0.2A *(Without Battery)*, 5.2V 0.4A *(With Battery)*
Weight	50g (1.8 oz) (*Without Battery*), 76g (2.7 oz) (*With Battery*)
Dimensions	59 x 41.5 x 36mm (*Length x Height x Depth*)
Memory Storage	Micro SD (*Up To* 128GB *Card*) (64GB *Card* ≈ 15,000 JPG, 2,200 RAW+JPG)
White Balance	Auto / *Daylight* / *Cloudy* / *Tungsten* / *Fluorescent / Blue / Light Blue / Red / Light Red / Custom**
Capture Interval	*0.5sec, 1sec, 2sec, 5sec, 10sec, 30sec, 1min, 5min, 10min, 30min, 1hour, 2hours, 6hours, 12hours, 24hours*
ISO	50 / 100 / 200 / 400, Auto

Mapir Survey 3	
Shutter Speed (s)	1/2000, 1/1000, 1/500, 1/250, 1/125, 1/90, 1/60, 1/30, 1/15, 1/8, 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 60, Auto
Exposure	+2.0/ +1.67/ +1.33/ +1.0/ +0.67/ +0.33/ +0.0/ -0.33/ -0.67/ -1.0/ -1.33/ -1.67/ -2.0
Metering	*Average / Center / Spot*
Color	*Normal / Black and White / Sepia / Vivid*
Sharpness	*Strong / Medium / Soft*
Capture Mode	*Single / 3 Sequence / 10 Sequence*
LCD	*2.0" Ultra Bright Color LCD Touch Screen*
Video Out	HD 1080p (HDMI Micro), SD 480p (Optional USB FPV Cable)
TV Mode	NTSC / PAL
Power Input	*Battery*, USB (*Micro-A Cable Included, Optional Micro USB FPV Cable*)
Auto Power On (When Power Applied to USB Port)	ON / OFF
OSD Language	*English, French, Spanish, Portuguese Brazil, Dutch, Czech, Polish, German, Italian, Chinese, Russian, Japanese, Korean*
Frequency	60Hz / 50Hz
OSD Display	*ON / OFF*
Date Stamp	*ON / OFF*
Sound	*ON / OFF*

Mapir Urvey 3	
Quick Capture	*ON / OFF*
Auto Power Off	*OFF* / 1min / 3min / 5min / 10min / 15min / 30min / 60min
Auto Sleep LCD	1min / 3min / 5min / *OFF*
Vertical Rotate	*ON / OFF*
Included Accessories	USB GPS *Receiver*, *Battery*, *Lens Cap*, USB *Charge Cable*, *Manual*

(Sumber: MAPIR)

2.12. Drone

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) adalah pesawat tanpa awak yang dikendalikan dari jarak jauh (Rizqi, 2018). Pada awal pengembangannya, UAV digunakan untuk aplikasi militer. Seiring dengan perjalanan waktu, UAV dikembangkan untuk berbagai bidang. Selain kegiatan fotografi, UAV digunakan dalam bidang pemetaan, pertanian, medis, dan lain sebagainya. (Hadi, 2017). *Drone* dikendalikan melalui jarak jauh dengan menggunakan gelombang radio. UAV dilengkapi berbagai macam sensor seperti *Inertial Motion Unit* (IMU) serta giroskop untuk mengenali posisi dan orientasi pesawat.

Gambar 2. 3. DJI Phantom 4 Pro
(Sumber: DJI)

Terdapat dua jenis konfigurasi UAV, yaitu *Multi-Copters* atau yang biasa dikenal dengan drone serta *Fixed Wing*. *Multi-Copters* yang sering digunakan adalah jenis quadcopter. Quadcopter merupakan sebuah konfigurasi dari empat motor dalam sebuah kerangka menyilang, dimana pada masing-masing kerangka menggunakan baling-baling. Baling-baling ini digunakan sebagai alat bantu penerbangan yang berfungsi untuk membuat aluran udara dan menghasilkan tekanan ke bawah.

Drone Phantom 4 Pro merupakan drone yang diproduksi oleh DJI. Phantom 4 Pro memiliki sistem keaman yang lebih baik dan sensor ultrasonik jika dibandingkan dengan seri Phantom sebelumnya (Madsen et al., 2017). Spesifikasi Phantom 4 Pro disajikan pada tabel 2.6.

Tabel 2. 9. Spesifikasi DJI Phantom 4 Pro

DJI Phantom 4 Pro	
Battery (Battery & Proppellers	1388 g
Diaginal Size (*Propellers Excluded*)	350 mm
Max Ascent Speed	S-mode: 6 m/s P-mode: 5 m/s
Max Descent Speed	S-mode: 4 m/s P-mode: 3 m/s
Max Speed	S-mode: 45 mph (72 kph) A-mode: 36 mph (58 kph) P-mode: 31 mph (50 kph)
Max Tilt Angle	S-mode: 42° A-mode: 35° P-mode: 25°
Max Angular Speed	S-mode: 250°/s A-mode: 150°/s
Max Service Ceiling Above Sea Level	19685 feet (6000 m)

DJI Phantom 4 Pro	
Max Wind Speed Resistance	10 m/s
Max Flight Time	Approx. 30 minutes
Operating Temperature Range	32° to 104°F (0° to 40°C)
Satellite Positioning Systems	GPS/GLONASS
Hover Accuracy Range	Vertical: ±0.1 m (with Vision Positioning) ±0.5 m (with GPS Positioning) Horizontal: ±0.3 m (with Vision Positioning) ±1.5 m (with GPS Positioning)

(Sumber: DJI)

2.13. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu terkait identifikasi kekeringan pada lahan sawah yaitu:

- Fathoni, Mirza Achmad (2015) dalam penelitiannya yang berjudul "Pemanfaatan Citra Landsat 8 Untuk Pemetaan Kekeringan Pertanian dengan Transformasi *Temperature Vegetation Index* (TVDI) di Kabupaten Sukoharjo Tahun 2013-2014". Dalam penelitian tersebut digunakan data citra Landsat 8 pada bulan Desember 2013 hingga Oktober 2014. Algoritma yang digunakan adalah NDVI, LST, serta TVDI untuk mengetahui estimasi fenomena kekeringan pada lahan pertanian. Pada penelitian tersebut dilakukan analisis mengenai pola kekeringan yang terjadi pada lahan pertanian di Kabupaten Sukoharjo.

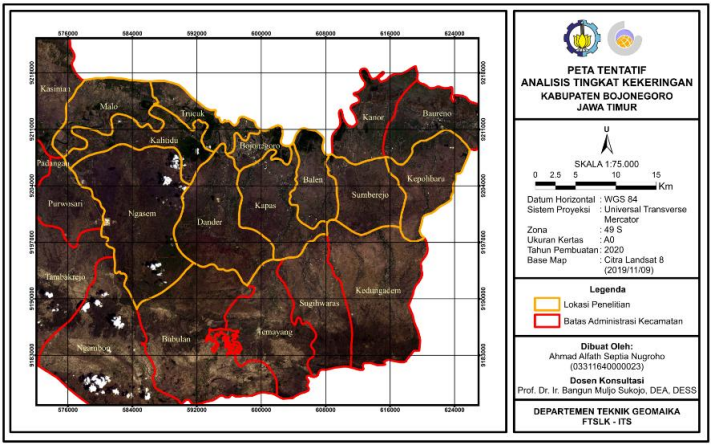
- Witarsih, Diah dan Bangun M. S. dan (2015) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisa Tingkat Kekeringan Berdasarkan Parameter Indeks TVDI (*Temperature Vegetation Dryness Index*) dengan Data Citra Satelit Landsat-8 Multitemporal”. Dalam penelitian ini digunakan citra satelit Landsat 8 pada tahun 2013 hingga 2015. Transformasi yang digunakan adalah NDVI, LST, serta TVDI. Dari hasil transformasi TVDI didapatkan anomali kekeringan pada wilayah tersebut.
- Kedua penelitian tersebut hanya dilakukan dengan menggunakan algoritma TVDI dengan Citra Landsat 8 tanpa verifikasi dengan data-data primer yang memiliki akurasi lebih tinggi. Selain itu penelitian terdahulu tidak melakukan korelasi antara tingkat kekeringan terhadap sumber air yang ada pada wilayah penelitian.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III
METODOLOGI

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi yang menjadi studi kasus pada penelitian ini adalah Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur. Secara geografis Kabupaten Bojonegoro terletak di 7° 9' 8.924" LS dan 111° 53' 12.944" BT. Peta Kabupaten Bojonegoro ditunjukkan pada gambar 3. 1.



Gambar 3. 1. Peta Tentatif Analisis Tingkat Kekeringan Kabupaten Bojonegoro Tahun 2019

Penelitian dilakukan dengan berfokus pada sepuluh kecamatan yaitu Kecamatan Balen, Bojonegoro, Dander, Kalitidu, Kapas, Kepohbaru, Malo, Ngasem, Sumberejo, dan Trucuk.

3.2. Data Dan Peralatan

3.2.1. Data

Pada penelitian ini, dibutuhkan beberapa data untuk menunjang pelaksanaan penelitian. Berikut adalah data yang dibutuhkan dalam penelitian ini:

a. Citra Landsat 8 (Juli s.d. November 2019)
b. Citra Satelit Sentinel 2 (Juli s.d. Desember 2019)
c. Peta RBI batas wilayah Kabupaten Bojonegoro skala 1:25.000
d. Data sebaran sumber air Kabupaten Bojonegoro Tahun 2019
e. Foto kamera *infrared* Tahun 2020

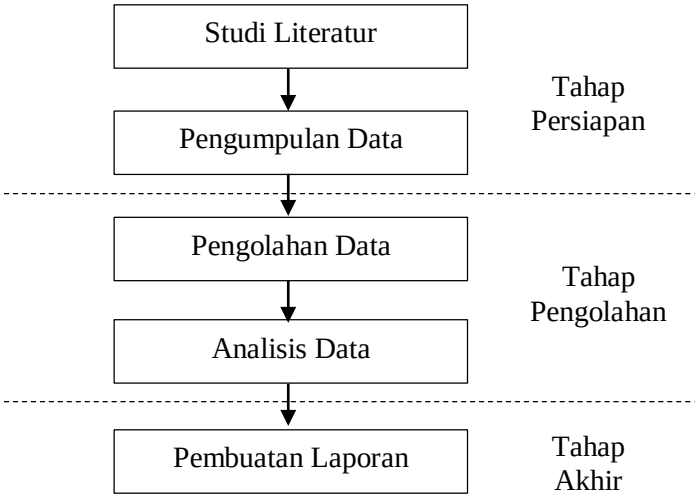
3.2.2. Peralatan

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa perangkat lunak dan keras:

a. Perangkat Keras
   - Lenovo G40-45
   - Kamera Mapir Survey 3
   - DJI Phantom 4 Pro
   - GPS *Handheld*
b. Perangkat Lunak
   - Perangkat Lunak Pengolah Citra
   - Perangkat Lunak Pengolah Data Spasial
   - Perangkat Lunak Pengolah Foto Udara
   - SNAP 6.0
   - MAPIR Camera Control
   - Microsoft Office 2016

3.3. Metodologi

Langkah pengerjaan penelitai ini disajikan dalam diagram alir pada gambar 3.2.

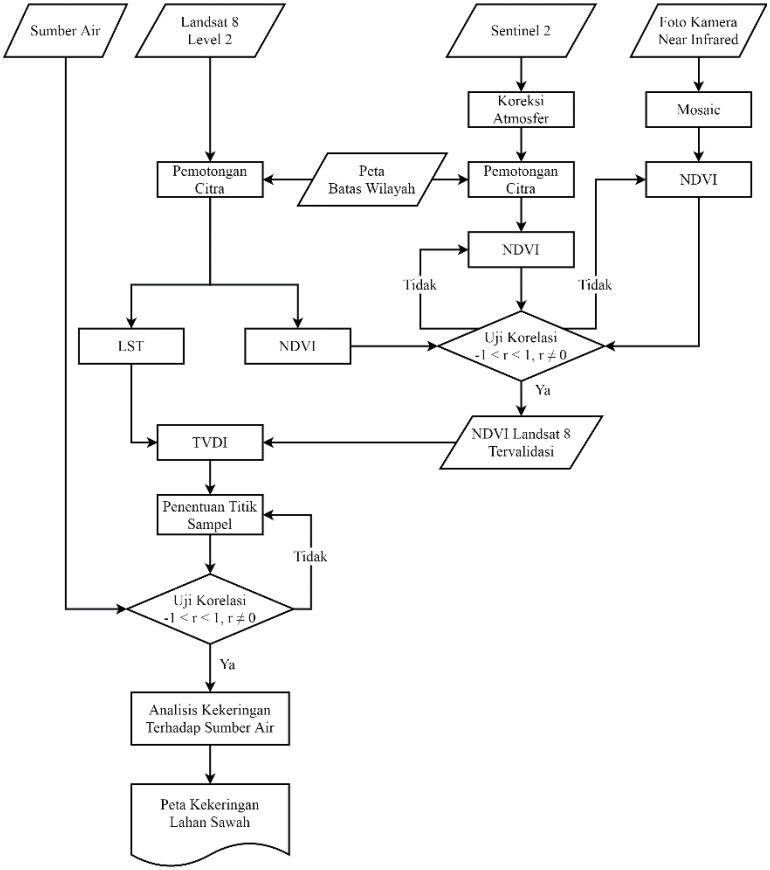


Gambar 3. 2. Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah penjelasan dari diagram alir penelitian.

1. Pada tahap persiapan, terdiri dari tahap studi literatur serta pengumpulan data. Tahap ini merupakan tahap persiapan untuk melaksanakan pengolahan pada tahap selanjutnya.
   a. Studi Literatur
      Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan informasi-informasi terkait topik penelitian yang diangkat. Hal ini bertujuan agar dalam pelaksanaan penelitain, merujuk pada sumber-sumber yang dapat dipertanggungjawabkan.
   b. Pengumpulan Data
      Pengumpulan data dilakukan untuk menghimpun seluruh data-data yang dibutuhkan untuk penelitian. Data-data dikumpulkan dari sumber-sumber terpercaya.
2. Tahap pengolahan secara umum terdiri dari pengolahan data, validasi lapangan serta analisis data. Pengolahan data yang dilakukan meliputi perhitungan indeks

vegetasi, suhu permukaan tanah, indeks kekeringan, serta indeks air. Validasi lapangan dilakukan dengan menggunakan kamera *infrared*. Data kamera *infrared* diolah menjadi indeks vegetasi kemudian dilakukan uji validasi. Analisis data dilakukan dengan menkorelasikan nilai indeks kekeringan dengan data sumber air. Secara lengkap, tahap pengolahan dijelaskan dalam diagram alir pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3. Diagram Alir Pengolahan Data

Berikut adalah penjelasan dari diagram alir pengolahan yang dilakukan.

a. Pengolahan Citra Landsat 8 Level 2

   Citra Landsat 8 Level 2 merupakan citra yang telah terkoreksi geometrik dan radiometrik, sehingga tidak memerlukan koreksi dalam pengolahannya. Citra Landsat 8 Level 2 dipotong sesuai batas administrasi Kabupaten Bojonegoro. Pemotongan ini dilakukan agar proses pengolahan selanjutnya lebih ringan.

   Citra Landsat 8 yang telah di potong ditransformasikan menjadi indeks vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan suhu permukaan *Land Surface Temperature* (LST).

b. Pengolahan Citra Sentinel 2

   Citra Sentinel 2 merupakan citra yang telah terkoreksi geometrik sehingga hanya memerlukan koreksi atmosfer yang dilakukan dengan metode sen2cor. Citra yang telah terkoreksi dipotong dengan sesuai batas administrasi Kabupaten Bojonegoro. Pemotongan dilakukan agar proses pengolahan selanjutnya lebih ringan. Cita sentinel 2 yang telah dipotong ditransformasikan menjadi indeks vegetasi NDVI.

c. Pengolahan Foto Kamera *Infrared*

   Data foto yang diperoleh dari survei lapangan dikumpulkan dan diolah. Pengolahan foto kamera *infrared* dilakukan dengan menggabungkan foto-foto atau disebut dengan mosaic. Proses mosaic ini bertujuan agar foto-foto yang ada dapat menampilkan cakupan wilayah yang cukup luas dalam satu *file*. Selanjutnya hasil olahan foto ditransformasikan menjadi indeks vegetasi NDVI.

d. Uji Korelasi Untuk NDVI

   NDVI yang didapatkan dari citra Landsat 8 dikorelasikan dengan NDVI dari kamera *infrared*.

Selain itu NDVI dari citra Landsat 8 juga dikorelasikan dengan NDVI citra Sentinel 2. Uji korelasi dilakukan dengan menggunakan uji korelasi Karl Pearson dengan koefisien korelasi berupa R. Rentang nilai R adalah -1 hingga 1, dengan syarat R tidak boleh nol. Uji korelasi ini dilakukan untuk melakukan validasi NDVI dari citra Landsat 8 sebelum dilakukan pengolahan selanjutnya. Hasil dari uji korelasi ini adalah NDVI Landsat 8 yang telah terkoreksi.

e. Pengolahan Indeks Kekeringan TVDI
   Pengolahan TVDI dilakukan dengan menggunakan data LST dan NDVI Citra Landsat 8 yang telah tervalidasi. Kedua data ini di tampilkan dalam diagram *backscatter* untuk mendapatkan parameter-parameter, yaitu persamaan batas bawah dan batas atas. Kedua persamaan ini digunakan sebagai algoritma untuk menghitung indeks kekeringanTVDI.
f. Penentuan Titik Sampel Kekeringan
   Penentuan titik sampel kekeringan dilakukan dengan pada daerah sawah dengan tanaman padi. Titik sampel diambil pada bulan dengan nilai kekeringan tertinggi.
g. Pengolahan Data Sumber Air
   Data sumber air yang telah didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Bojonegoro dikelompokkan berdasarkan lokasi kecamatan. Selanjutnya data-data tersebut diakumulasikan sehingga dapat diketahui jumlah ketersediaan air pada setiap kecamatan yang menjadi studi kasus.
h. Uji Korelasi Kekeringan dengan Sumber Air
   Uji korelasi TVDI dengan Sumber Air dilakukan untuk mengetahui hubungan kedekatan antara timgkat kekeringan dengan ketersediaan sumber air. Sehingga

dapat diketahui bagaimana pengaruh ketersediaan sumber air terhadap kekeringan.

3. Pada bagian tahap akhir dilakukan pembuatan peta kekeringan lahan sawah serta pembuatan laporan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV
HASIL DAN ANALISIS

4.1. Data Citra

Data citra yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah citra dengan resolusi menengah yaitu Citra Landsat 8 dan Citra Sentinel 2. Citra Landsat 8 memiliki resolusi spasial 30 meter. Pada Citra Landsat 8 terdapat dua jenis produk yang digunakan yaitu Landsat 8 level 2 untuk kanal multispektral serta Landsat 8 Level 1 untuk kanal *thermal*. Citra Landsat 8 level 2 dipilih karena produk dari citra ini berupa *surface reflectance* sehingga tidak memerlukan koreksi geometrik maupun rediometrik. Sedangkan Citra Landsat 8 Level 1 belum terkoreksi radiometrik, namun telah terkoreksi geometrik.

Produk Sentinel 2 yang digunakan adalah citra Sentinel 2 Level 1C dengan kanal multispektral. Citra ini dipilih sebagai verifikator citra Landsat 8 karena memiliki resolusi spasial yang lebih baik yaitu 10 meter. Citra Sentinel 2 Level 1C berupa *Top of Atmosphere Reflectance* (ToA *Reflectance*) sehingga memerlukan koreksi atmosfer.

Kanal multispektral dari citra Landsat 8 dan Citra Sentinel 2 digunakan untuk melakukan perhitungan indeks vegetasi NDVI. Sedangkan kanal *thermal* pada Citra Landsat 8 digunakan untuk melakukan perhitungan suhu permukaan tanah. Pada penelitian tugas akhir ini, proses penajaman citra untuk meningkatkan resolusi spasial tidak dilakukan karena dapat merusak nilai piksel. Berikut adalah daftar citra dan tanggal perekamannya.

Tabel 4. 1. Daftar Citra yang Digunakan

Landsat 8	**Sentinel 2**
21 Juli 2019	13 Juli 2019
5 Agustus 2019	7 Agustus 2019
22 September 2019	1 September 2019

Landsat 8	Sentinel 2
08 Oktober 2019	31 Oktober 2019
09 November 2019	10 November 2019

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

4.2. Perhitungan TVDI

4.2.1. Koreksi Atmosfer Citra Sentinel 2

Koreksi Atmosfer Citra Sentinel 2 dilakukan dengan metode Sen2Cor. Metode ini merupakan *toolbox* oleh ESA (*European Space Agency*) pada perangkat lunak SNAP dimana metode ini digunakan khusus untuk koreksi atmosfer pada Citra Sentinel 2. Koreksi atmosfer dilakukan pada citra Sentinel 2 Level 1C. Koreksi atmosfer berfungsi untuk menghilangkan efek atmosfer pada citra yang terjadi selama proses perekaman citra. Prinsip dari koreksi atmosfer adalah untuk mengubah nilai reflektan yang berupa ToA (*Top of Atmosphere*) menjadi BoA (*Bottom of Atmosphere*).

Gambar 4. 1. Citra Sentinel 2 Level 1
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Gambar 4. 2. Citra Sentinel 2 Level 2
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Gambar 4.1 dan gambar 4.2 merupakan perbandingan hasil koreksi atmosfer citra Sentinel 2. Citra Sentinel 2 yang belum di koreksi atmosfer disebut dengan citra Sentinel 2 Level 1C yang ditunjukkan pada gambar 4.1, sedangkan hasil dari proses koreksi atmosfer Sen2Cor disebut sebagai citra Sentinel 2 Level 2 seperti pada gambar 4.2. Secara visual, hasil dari koreksi atmosfer terlihat lebih tajam dengan kontras yang lebih jelas. Dapat dilihat pada wilayah tutupan lahan vegetasi terlihat warna hijau yang lebih jelas. Perbedaan lain dapat dilihat pada nilai statistik dari citra. Nilai perbedaan tersebut ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2. Perbedaan Nilai Statistik Citra Sentinel 2 Level 1 dan Level 2

	Band 4 Citra Sentinel 2 Level 1	**Band 4 Citra Sentinel 2 Level 2**
Pixel total	120560400	120560400
Minimum	0.004	1.000E-04
Maximum	1.913	1.638
Mean	0.081	0.069
Sigma	0.037	0.045
Median	0.072	0.059
Coef Variation	1.134	1.628
ENL	0.777	0.377
P75 threshold	0.103	0.097
P80 threshold	0.110	0.107
P85 threshold	0.120	0.116
P90 threshold	0.130	0.130
Max error	0.002	0.002

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Dari tabel 4.2. didapatkan bahwa terdapat penurunan nilai statistik dari citra. Nilai rata-rata reflektan pada kanal 4 berubah dari 0.081 menjadi 0.069. Penurunan ini terjadi karena adanya pengurangan nilai reflektan dengan bias-bias yang terjadi ketika gelombang elektromagnet citra yang melewati lapisan atmosfer bumi ketika melakukan perekaman.

4.2.2. Perhitungan NDVI

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) menunjukkan tingkat kerapatan vegetasi. Nilai NDVI memiliki rentang antara -1 hingga 1. Nilai 0 menunjukkan bahwa pada wilayah tersebut memiliki sedikit vegetasi. Semakin mendekati 1

menunjukkan vegetasi yang semakin rapat. Sedangkan nilai negatif menunjukkan bahwa wilayah tersebut bukan merupakan badan vegetasi. Perhitungan NDVI dilakukan pada seluruh citra Landsat 8, Sentinel 2, dan data kamera *Infrared* dengan menggunakan kanal merah serta kanal *near infrared* (NIR).

Untuk menghitung NDVI pada citra Landsat 8, digunakan band 4 sebagai kanal merah dan band 5 sebagai kanal *near infrared* (NIR). Perhitungan NDVI citra Landsat 8 menghasilkan rentang yang berbeda-beda pada setiap bulan penelitian. Rentang NDVI terluas berada pada bulan Oktober 2019 dengan nilai terendah -0,163 dan nilai tertinggi 0,604. Hal ini menunjukkan pada bulan ini kerapatan vegetasi mengalami variasi yang cukup tinggi.

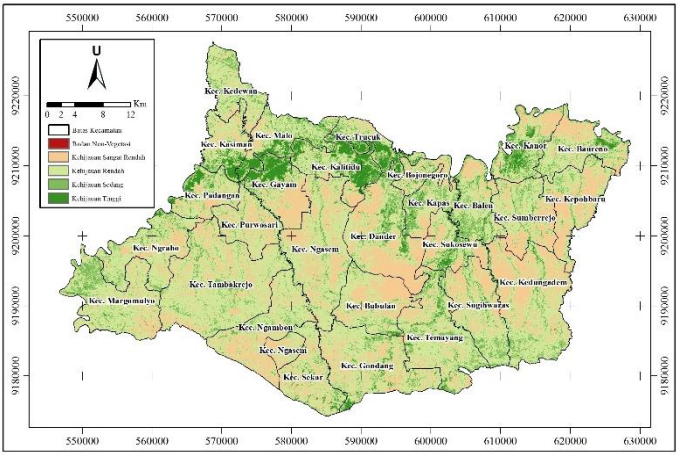
Tabel 4. 3. Rentang NDVI Citra Landsat 8

Bulan	**NDVI Terendah**	**NDVI Tertinggi**
Juli	-0,124	0,564
Agustus	-0,148	0,602
September	-0,026	0,478
Oktober	-0,163	0,604
November	-0,122	0,588

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Berdasarkan kelas NDVI dari Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.23/Menhut-II/2012, nilai NDVI citra Landsat 8 untuk wilayah Kabupaten Bojonegoro bervariasi mulai badan non vegetasi, kelas kehijauan rendah hingga kehijauan tinggi. Pada bulan Juli 2019 hingga November 2019 terjadi perubahan kerapatan vegetasi. Nilai NDVI negatif menunjukkan nilai pada badan non vegetasi. Kerapatan tertinggi tejadi pada bulan

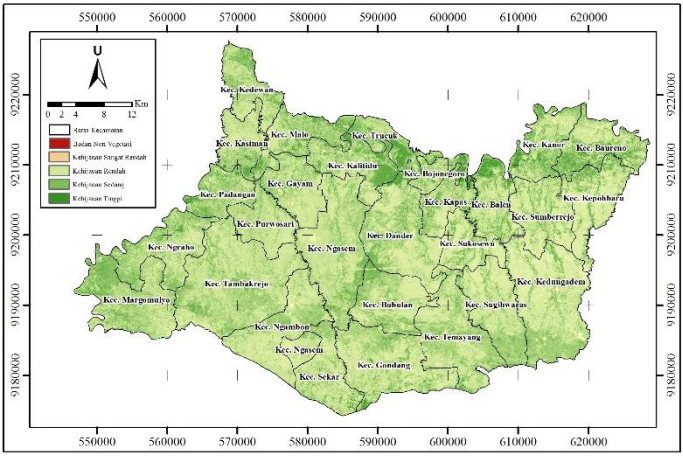
Agustus dan Oktober dengan nilai NDVI lebih dari 0,6. Sebaran Nilai NDVI pada bulan Oktober 2019 disajikan pada gambar 4.3. Secara umum, sebaran indeks vegetasi pada Kabupaten Bojonegoro didominasi oleh kelas kehijauan Rendah. Kelas vegetasi dengan kehijauan tinggi tersebar di wilayah utata Kabupaten Bojonegoro.



Gambar 4. 3. NDVI Citra Landsat 8 Bulan Oktober 2019 (Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Gambar 4.4 merupakan hasil NDVI dari citra Sentinel 2 untuk wilayah Kabupaten Bojonegoro. Untuk melakukan perhitungan NDVI dengan citra Sentinel 2, digunakan band 4 sebagai kanal merah dan band 8 sebagai kanal *near infrared* (NIR). Perhitungan NDVI pada Citra Sentinel 2 juga menghasilkan rentang yang bervariasi pada setiap bulannya. Rentang paling besar berada pada bulan November 2019 dimana nilai minimal NDVI sebesar -0,990 dan nilai maksimalnya mencapai 0,997. Hal ini menunjukkan bahwa pada perhitungan NDVI Citra

Sentinel 2 pada bulan November 2019 memiliki variasi kerapatan vegetasi yang beragam.



Gambar 4. 4. NDVI Citra Sentinel 2 Bulan November 2020
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Tabel 4. 4. Rentang NDVI Sentinel 2

Bulan	NDVI Terendah	NDVI Tertinggi
Juli	-0,444	0,999
Agustus	-0,122	0,830
September	-0,528	0,952
Oktober	-0,416	0,904
November	-0,990	0,997

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

NDVI citra Sentinel 2 untuk wilayah Kabupaten Bojonegoro bervariasi mulai badan non vegetasi, kelas kehijauan rendah hingga kehijauan tinggi. Pada bulan Juli hingga November terjadi perubahan kerapatan vegetasi. Nilai NDVI negatif menunjukkan nilai pada badan non vegetasi.

Kerapatan tertinggi tejadi pada bulan Juli dengan nilai NDVI hampir mencapai maksimal yaitu 0,999.

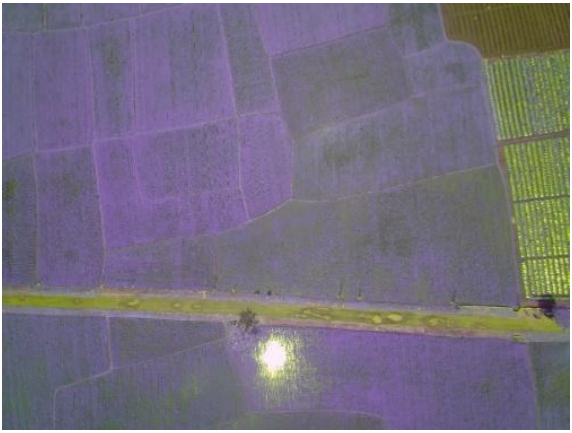
Berdasarkan kelas kerapatan vegetasi oleh Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.23/Menhut-II/2012, kondisi vegetasi didominasi oleh kelas vegetasi dalam kelas kehijauan rendah dan kehijauan sedang. Kedua kelas tersebut tersebah hampir di seluruh wilayah Kabupaten Bojonegoro.

Pehitungan NDVI juga dilakukan dengan data kamera *Infrared*. Proses pengambilan data dengan kamera *Infrared* dilakukan dengan menggunakan bantuan drone. Kamera *Infrared* dipasang pada sebuah drone yang kemudian diterbangkan pada wilayah yang menjadi lokasi pengambilan sampel. Hasil dari pengambilan data kamera *Infrared* berupa foto yang kemudian dikalibrasi.

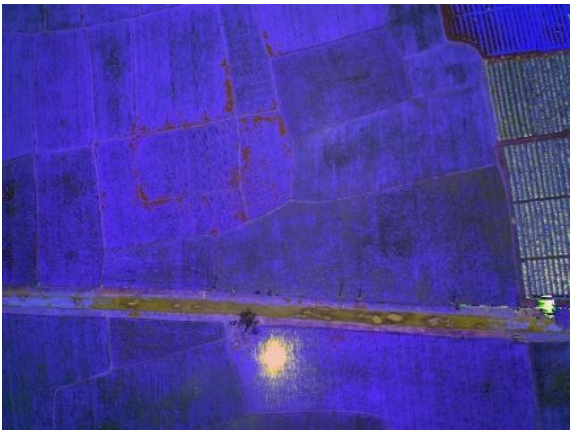
Kalibrasi dilakukan untuk memastikan bahwa nilai setiap pixel dari foto merupakan nilai reflektan yang sesuai dengan kondisi lapangan. Proses kalibrasi dilakukan secara otomatis pada perangkat lunak Mapir Camera Control. Prinsip dari kalibrasi ini memanfaatkan *MAPIR Camera Reflectance Calibration Ground Target*, yang berisi 4 target yang telah diukur pada panjang gelombang tambahan dengan spektrometer. Nilai piksel dari gambar target yang ditangkap kemudian dibandingkan dengan nilai reflektan yang didapat dari target. Dengan menggunakan informasi tersebut MAPIR Camera Control dapat mengubah nilai piksel dan sehingga foto hasil perekaman dapat terkalibrasi.

Berikut adalah perbandingan hasil kalibrasi kamera *Infrared*. Gambar 4.5 merupakan foto hasil perekaman yang belum di kalibrasi, sedangkan pada gambar 4.6 merupakan foto yang telah terkalibrasi.

Perbedaan dapat dilihat secara visual, dimana foto hasil kalibrasi terlihat lebih gelap.

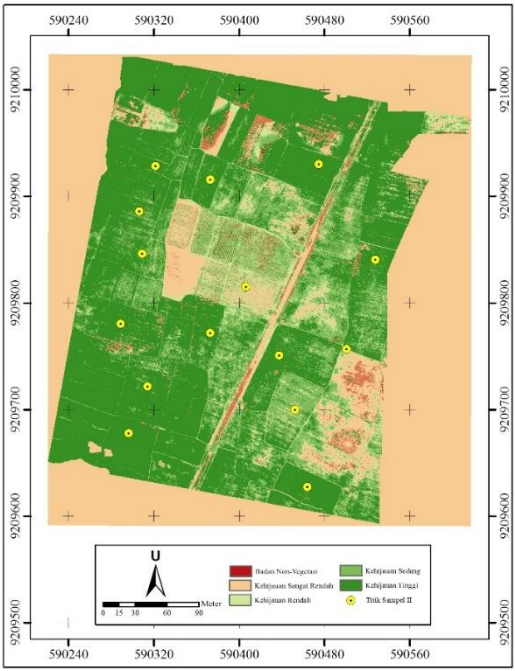


Gambar 4. 5. Hasil Perekaman Foto Kamera *Infrared* Sebelum Dikalibrasi
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

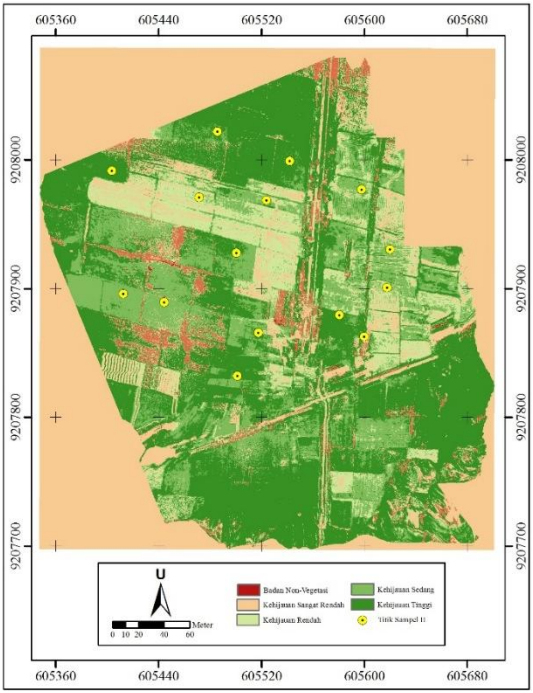


Gambar 4. 6. Hasil Perekaman Foto Kamera *Infrared* Setelah Dikalibrasi
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Setelah seluruh foto melalui proses kalibrasi, dilakukan proses *mosaic* sehingga didapatkan citra dalam satu kesatuan. Proses mosaic ini dilakukan untuk mempermudah perhitungan NDVI. Data kamera *Infrared* yang telah di *mosaic* ditransformasikan menjadi indeks vegetasi NDVI. Perhitungan NDVI dilakukan dengan menggunakan band 1 sebagai kanal merah dan band 3 sebagai kanal *near infrared* (NIR). NDVI Kamera Infrared pada Kecamatan Kalitidu ditunjukkan pada gambar 4.7 sedangkan NDVI Kamera Infrared pada Kecamatan Balen ditunjukkan pada gambar 4.8.



Gambar 4. 7. NDVI Kamera *Infrared* Kecamatan Kalitidu
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)



Gambar 4. 8. NDVI Kamera *Infrared* Kecamatan Balen
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Nilai NDVI Kamera *Infrared* baik pada kecamatan Kalitidu dan Balen menghasilkan nilai yang maksimal pada rentang -1 hingga 1. Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan NDVI dari data Kamera *Infrared* dapat memberikan hasil dengan tingkat ketelitian tinggi. Pada gambar 4.7 dan 4.8 dapat dilihat bahwa NDVI dari citra Kamera *Infrared* didominasi oleh vegetasi pada kelas kehijauan tinggi. Hal ini sesuai dengan kondisi lapangan dimana pengambilan data dilakukan pada areal persawahan dengan tanaman padi.

Tabel 4. 5. NDVI Kamera *Infrared*

Kecamatan	NDVI Terendah	NDVI Tertinggi
Kalitidu	-1,000	1,000
Balen	-1,000	1,000

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

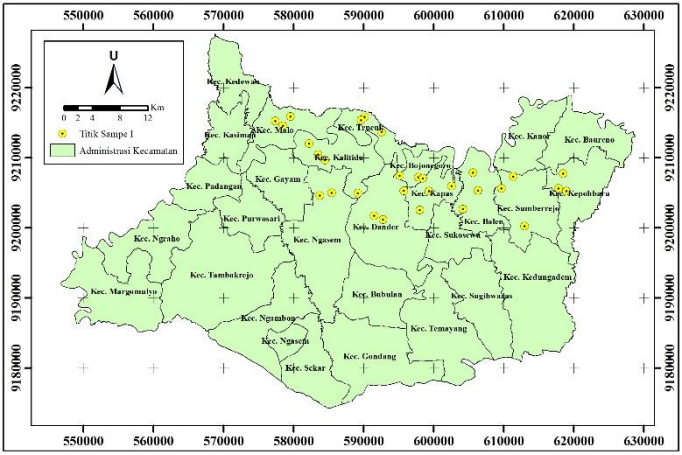
Perbedaan rentang NDVI antara ketiga data dipengaruhi oleh resolusi spasial. Dimana citra Landsat 8 memiliki resolusi spasial 30 meter, citra Sentinel 2 adalah 10 meter, dan resolusi spasial citra Kamera *Infrared* sebesar 4 cm. semakin tinggi resolusi spasial data, maka rentang NDVI yang dihasilkan akan semakin tinggi. Selain itu, perbedaan rentang NDVI juga terjadi karena adanya perbedaan waktu akuisisi data. Meskipun Citra Landsat 8 dengan Citra Sentinel 2 direkam pada bulan dan tahun yang sama, terdapat perbedaan tanggal akuisisi citra yang memungkinkan terjadinya perbedaan kerapatan vegetasi dari kedua data tersebut.

4.2.3. Hubungan NDVI Landsat 8 Dengan NDVI Sentinel 2

Validasi NDVI Landsat 8 perlu dilakukan sebelum digunakan untuk melakukan perhitungan TVDI. NDVI citra Sentinel 2 dipilih sebagai salah satu validator karena citra Sentinel 2 memiliki resolusi spasial lebih tinggi dibandingkan dengan citra Landsat 8. Validasi dilakukan dengan melihat hubungan kedekatan antara kedua data tersebut.

Nilai NDVI yang didapatkan dari pengolahan Citra Landsat 8 dan Citra Sentinel 2 diambil beberapa titik sampel. Titik sampel tersebar pada seluruh kecamatan yang menjadi studi kasus seperti pada gambar 4.9, yaitu Kecamatan Balen, Bojonegoro,

Dander, Kalitidu, Kapas, Kepohbaru, Malo, Ngasem, Sumberejo, dan Trucuk. Sebaran titik sampel ditunjukkan pada tabel 4.6.



Gambar 4. 9. Sebaran Titik Sampel
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Tabel 4. 6. Lokasi Titik Sampel

No Titik Sampel	Kecamatan	X	Y
I.1	Balen	605600	9207860
I.2	Balen	604151	9202630
I.3	Balen	606328	9205340
I.4	Bojonegoro	597795	9207220
I.5	Bojonegoro	595115	9207440
I.6	Bojonegoro	598434	9207040
I.7	Dander	592742	9201150
I.8	Dander	595722	9205290
I.9	Dander	591500	9201740
I.10	Kalitidu	584472	9209640

No Titik Sampel	Kecamatan	X	Y
I.11	Kalitidu	582199	9212020
I.12	Kalitidu	583498	9210430
I.13	Kapas	602555	9205960
I.14	Kapas	598032	9202530
I.15	Kapas	599307	9205220
I.16	Kepohbaru	618940	9205250
I.17	Kepohbaru	617821	9205620
I.18	Kepohbaru	618493	9207730
I.19	Malo	577395	9215240
I.20	Malo	578471	9214570
I.21	Malo	579544	9215870
I.22	Ngasem	589156	9204950
I.23	Ngasem	585446	9204970
I.24	Ngasem	583719	9204590
I.25	Sumberejo	612961	9200220
I.26	Sumberejo	609685	9205610
I.27	Sumberejo	611358	9207330
I.28	Trucuk	590119	9215840
I.29	Trucuk	589613	9215380
I.30	Trucuk	592553	9213670

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Nilai NDVI citra Landsat 8 pada setiap sampel ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7. Nilai NDVI Citra Landsat 8 pada Titik Sampel

Nomor Sampel	Juli	Agustus	September	Oktober	November
I.1	0,300	0,285	0,190	0,131	0,193
I.2	0,242	0,241	0,342	0,311	0,236
I.3	0,351	0,144	0,243	0,232	0,171

Nomor Sampel	Juli	Agustus	September	Oktober	November
I.4	0,210	0,276	0,165	0,143	0,108
I.5	0,341	0,518	0,196	0,188	0,156
I.6	0,160	0,495	0,268	0,288	0,263
I.7	0,158	0,388	0,304	0,205	0,249
I.8	0,292	0,287	0,259	0,247	0,195
I.9	0,142	0,137	0,122	0,094	0,099
I.10	0,285	0,413	0,299	0,186	0,209
I.11	0,290	0,357	0,244	0,247	0,169
I.12	0,242	0,473	0,280	0,268	0,190
I.13	0,341	0,284	0,256	0,252	0,188
I.14	0,239	0,226	0,249	0,235	0,166
I.15	0,313	0,193	0,213	0,231	0,125
I.16	0,142	0,132	0,117	0,100	0,094
I.17	0,081	0,086	0,091	0,084	0,099
I.18	0,151	0,171	0,275	0,225	0,177
I.19	0,314	0,281	0,123	0,161	0,207
I.20	0,134	0,152	0,191	0,205	0,241
I.21	0,273	0,251	0,199	0,204	0,252
I.22	0,159	0,149	0,130	0,114	0,113
I.23	0,294	0,268	0,173	0,184	0,148
I.24	0,175	0,212	0,313	0,347	0,138
I.25	0,118	0,101	0,109	0,093	0,089
I.26	0,337	0,288	0,234	0,257	0,227
I.27	0,265	0,236	0,172	0,167	0,125
I.28	0,254	0,181	0,154	0,161	0,183
I.29	0,419	0,411	0,261	0,290	0,269
I.30	0,182	0,171	0,168	0,160	0,204

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Pengambilan sampel NDVI Citra Sentinel 2 dilakukan pada titik yang sama dengan pengambilan sampel NDVI citra Landsat 8. Nilai titik sampel dari NDVI citra Sentinel 2 ditunjukkan pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8. Nilai NDVI Citra Sentinel 2 pada Titik Sampel

Nomor Sampel	**Juli**	**Agustus**	**September**	**Oktober**	**November**
I.1	0,300	0,235	0,200	0,150	0,178
I.2	0,560	0,272	0,696	0,301	0,327
I.3	0,794	0,208	0,169	0,162	0,179
I.4	0,736	0,281	0,304	0,202	0,243
I.5	0,360	0,704	0,286	0,163	0,204
I.6	0,573	0,553	0,647	0,213	0,633
I.7	0,348	0,546	0,812	0,285	0,440
I.8	0,563	0,318	0,491	0,295	0,386
I.9	0,207	0,163	0,142	0,176	0,188
I.10	0,394	0,538	0,832	0,292	0,325
I.11	0,592	0,686	0,695	0,386	0,214
I.12	0,292	0,719	0,621	0,258	0,312
I.13	0,670	0,335	0,474	0,207	0,245
I.14	0,696	0,292	0,469	0,252	0,266
I.15	0,692	0,225	0,248	0,193	0,182
I.16	0,198	0,152	0,126	0,115	0,137
I.17	0,154	0,152	0,119	0,145	0,139
I.18	0,209	0,230	0,501	0,203	0,176
I.19	0,558	0,444	0,208	0,335	0,437
I.20	0,180	0,264	0,347	0,310	0,400
I.21	0,494	0,347	0,351	0,294	0,380
I.22	0,194	0,267	0,217	0,144	0,154
I.23	0,677	0,483	0,273	0,199	0,282
I.24	0,227	0,303	0,677	0,169	0,161
I.25	0,139	0,165	0,098	0,114	0,126
I.26	0,723	0,403	0,454	0,281	0,319

Nomor Sampel	Juli	Agustus	September	Oktober	November
I.27	0,492	0,295	0,268	0,163	0,151
I.28	0,534	0,263	0,218	0,200	0,282
I.29	0,631	0,588	0,426	0,307	0,468
I.30	0,343	0,225	0,206	0,166	0,222

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Nilai NDVI dari kedua citra yang telah didapatkan pada setiap titik sampel dugunakan untuk melakukan uji korelasi. Uji korelasi berfungsi untuk mengetahui hubungan kedekatan antara kedua nilai NDVI. Uji korelasi dilakukan dengan syarat koefisien korelasi (R) yang memiliki rentang antara -1 sampai 1 dan R tidak boleh sama dengan 0. Uji korelasi antara NDVI citra Landsat 8 dan NDVI citra Sentinel 2 dilakukan pada setiap bulan.

Koefisien korelasi (R) yang didapatkan untuk setiap korelasi memiliki nilai yang mendekati 1. Nilai ini menunjukkan bahwa NDVI Citra Landsat 8 memiliki kedekatan hubungan yang baik dengan NDVI Citra Sentinel 2. Pada bulan Juli 2019 nilai koefisien korelasi menunjukkan hubungan kuat antara kedua data dengan nilai R sebesar 0,729. Pada bulan Agustus 2019, September 2019, dan November 2019 nilai koefisien korelasi berada pada kelas hubungan sangat kuat yang ditunjukkan oleh koefisien korelasi berturut-turut sebesar 0,915, 0,885, dan 0,828. Sedangkan pada bulan Oktober 2019 nilai koefisen korelasi berada pada tingkat sedang ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar 0,509.

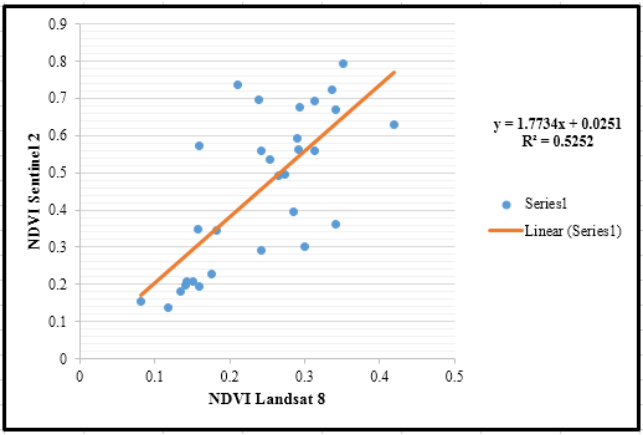
Grafik *scatterplot* untuk setiap hasil uji korelasi menghasilkan grafik regresi yang miring ke arah kanan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.10. Grafik yang miring ke arah kanan menunjukkan nilai

positif dari koefisien korelasi. Nilai positif ini menggambarkan hubungan kedekatan bersifat berbanding searah. Dengan demikian NDVI Citra Landsat 8 dapat digunakan untuk melakukan perhitungan indeks kekeringan TVDI.

Tabel 4. 9. Koefisien Korelasi NDVI Citra Landsat 8 dengan NDVI Citra Sentinel 2

Bulan	R^2	R
Juli	0,525	0,724
Agustus	0,838	0,915
September	0,783	0,885
Oktober	0,259	0,509
November	0,686	0,828

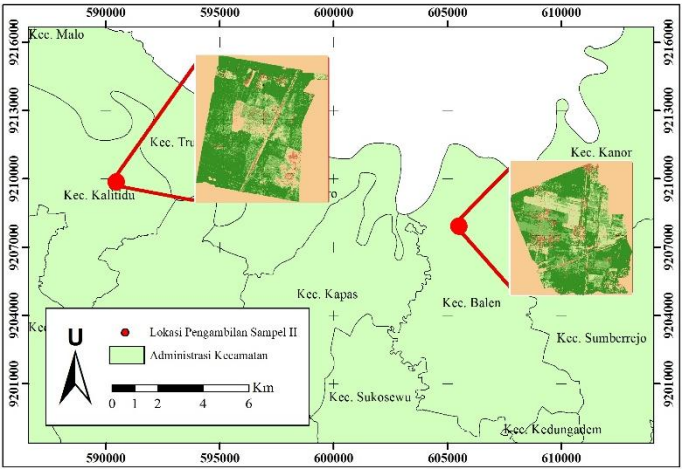
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)



Gambar 4. 10. Korelasi NDVI Citra Landsat 8 dengan NDVI Citra Sentinel 2 Bulan Juli 2019
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

4.2.4. Hubungan NDVI Landsat 8 Dengan NDVI Kamera *Infrared*

Validasi NDVI Landsat 8 juga dilakukan dengan menggunakan kamera *Infrared* sehingga NDVI Citra Landsat 8 juga dikorelasikan dengan NDVI Kamera *Infrared*. Citra kamera *Infrared* dipilih sebagai validator karena memiliki resolusi spasial yang tinggi, setara dengan citra satelit resolusi tinggi yaitu 4 cm. selain itu, data yang direkam dengan menggunakan kamera *Infrared* dapat dipastikan berupa reflektan BoA (*Bottom of Atmosphere*). Nilai reflektan dari data kamera *Infrared* tidak dipengaruhi oleh bias-bias atmosfer. Sehingga tidak memerlukan koreksi atmosfer.

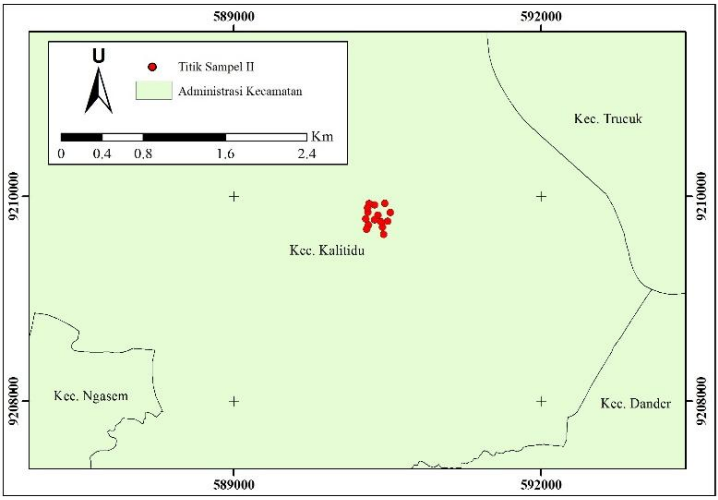


Gambar 4. 11. Lokasi Pengambilan Data Kamera *Infrared*
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

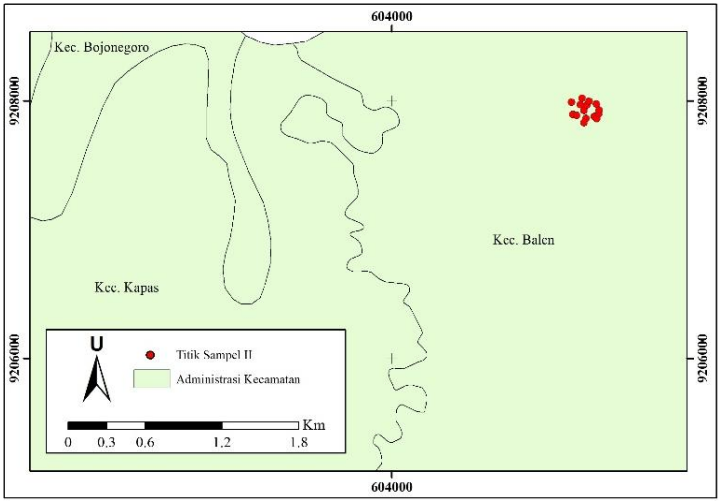
Pengambilan data dengan kamera *Infrared* dilakukan pada kecamatan Kalitidu dan kecamatan Balen dengan lokasi pengambilan data ditunjukkan pada gambar 4.11. Kecamatan ini dipilih karena

berdasarkan Profil Kabupaten Bojonegoro serta Dinas Pertanian Kabupaten Bojonegoro, potensi unggulan padi terdapat pada kecamatan ini. Dengan demikian identifikasi sawah dengan tanaman padi dapat dilakukan dengan mudah.

Untuk melakukan korelasi, diambil titik-titik sampel yang terseabar pada wilayah pengamatan yang ditunjukkan pada gambar 4.12 untuk Kecamatan Kalitidu dan gambar 4.13 untuk Kecamatan Balen. Koordinat lokasi titik sampel pada Kecamatan Kalitidu dan Kecamatan Balen ditunjukkan pada tabel 4.10.



Gambar 4. 12. Sebaran Titik Sampel Kamera *Infrared* Kecamatan Kalitidu
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)



Gambar 4. 13. Sebaran Titik Sampel Kamera *Infrared* Kecamatan Balen
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Tabel 4. 10. Titik Sampel Kecamatan Balen dan Kecamatan Kalitidu

Nomor Titik Sampel	**Kecamatan**	**X**	**Y**
II.1	Balen	605581	605581
II.2	Balen	605600	605600
II.3	Balen	605618	605618
II.4	Balen	605471	605471
II.5	Balen	605500	605500
II.6	Balen	605518	605518
II.7	Balen	605501	605501
II.8	Balen	605524	605524
II.9	Balen	605542	605542
II.10	Balen	605598	605598
II.11	Balen	605412	605412

Nomor Titik Sampel	Kecamatan	X	Y
II.12	Balen	605404	605404
II.13	Balen	605620	605620
II.14	Balen	605444	605444
II.15	Balen	605486	605486
II.16	Kalitidu	590501	9209760
II.17	Kalitidu	590452	9209700
II.18	Kalitidu	590406	9209820
II.19	Kalitidu	590373	9209770
II.20	Kalitidu	590314	9209720
II.21	Kalitidu	590296	9209680
II.22	Kalitidu	590373	9209920
II.23	Kalitidu	590322	9209930
II.24	Kalitidu	590475	9209930
II.25	Kalitidu	590309	9209850
II.26	Kalitidu	590464	9209630
II.27	Kalitidu	590306	9209890
II.28	Kalitidu	590528	9209840
II.29	Kalitidu	590289	9209780
II.30	Kalitidu	590438	9209750

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Dari titik sampel tersebut didapatkan nilai NDVI Citra Landsat 8 seperti pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11. NDVI Landsat 8 Kecamatan Balen dan Kecamatan Kalitidu

No	Juli	Agustus	September	Oktober	November
II.1	0.290	0.196	0.177	0.153	0.202
II.2	0.300	0.285	0.190	0.131	0.193
II.3	0.298	0.241	0.224	0.215	0.212
II.4	0.351	0.226	0.221	0.119	0.211

No	Juli	Agustus	September	Oktober	November
II.5	0.407	0.275	0.157	0.154	0.188
II.6	0.367	0.257	0.162	0.151	0.199
II.7	0.373	0.270	0.235	0.114	0.159
II.8	0.395	0.271	0.144	0.139	0.208
II.9	0.367	0.200	0.118	0.149	0.226
II.10	0.322	0.259	0.185	0.211	0.235
II.11	0.354	0.213	0.212	0.123	0.191
II.12	0.319	0.209	0.239	0.116	0.156
II.13	0.348	0.284	0.227	0.240	0.236
II.14	0.395	0.219	0.163	0.129	0.157
II.15	0.391	0.201	0.209	0.170	0.227
II.16	0.232	0.205	0.224	0.420	0.439
II.17	0.338	0.195	0.221	0.453	0.393
II.18	0.249	0.158	0.157	0.178	0.164
II.19	0.252	0.184	0.250	0.440	0.381
II.20	0.258	0.182	0.302	0.482	0.400
II.21	0.259	0.175	0.303	0.474	0.397
II.22	0.341	0.182	0.197	0.292	0.346
II.23	0.364	0.165	0.251	0.405	0.395
II.24	0.323	0.188	0.230	0.437	0.389
II.25	0.360	0.166	0.234	0.395	0.407
II.26	0.322	0.189	0.237	0.442	0.412
II.27	0.364	0.172	0.239	0.386	0.393
II.28	0.226	0.104	0.224	0.419	0.436
II.29	0.294	0.169	0.331	0.517	0.413
II.30	0.250	0.127	0.251	0.475	0.397

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Dengan titik sampel yang sama, nilai NDVI Kamera *Infrared* didapatkan seperti pada tabel 4.12.

Tabel 4. 12. NDVI Kamera Infrared Kecamatan Balen dan Kecamatan Kalitidu

No Titik Sampel	**NDVI Kamera *Infrared***
II.1	0.422
II.2	0.555
II.3	0.252
II.4	0.285
II.5	0.383
II.6	0.447
II.7	0.350
II.8	0.258
II.9	0.359
II.10	0.287
II.11	0.323
II.12	0.423
II.13	0.327
II.14	0.290
II.15	0.397
II.16	0.369
II.17	0.260
II.18	0.164
II.19	0.377
II.20	0.404
II.21	0.489
II.22	0.373
II.23	0.433
II.24	0.436
II.25	0.426
II.26	0.409
II.27	0.418
II.28	0.399
II.29	0.402
II.30	0.419

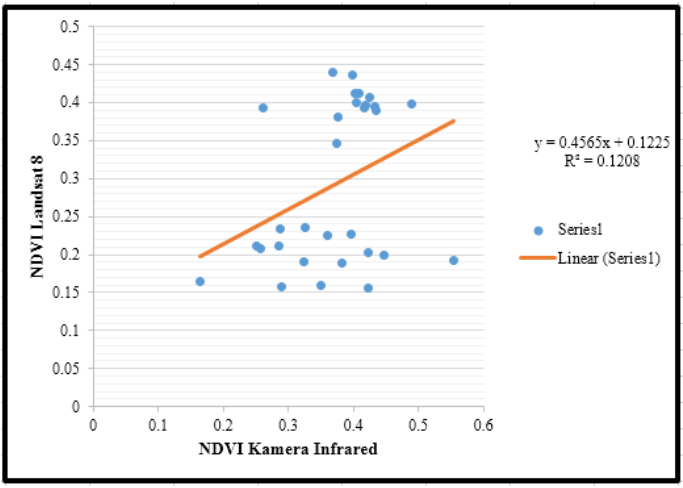
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Nilai NDVI Citra Landsat 8 pada setiap bulan dilakuan uji korelasi dengan NDVI Kamera *Infrared*. Uji korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan kedekatan kedua sampel tersebut. Uji korelasi menghasilkan koefisien korelasi (R).

Tabel 4. 13. Koefisien Korelasi NDVI Citra Landsat 8 dengan NDVI Kamera *Infrared*

Bulan	**R^2**	**R**
Juli	0,014	0,117
Agustus	0,018	0,135
September	0,131	0,362
Oktober	0,088	0,297
November	0,121	0,348

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)



Gambar 4. 14. Korelasi NDVI Citra Landsat 8 Bulan November 2019 Dengan NDVI Kamera *Infrared*
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Nilai koefisien korelasi yang didapatkan pada setiap bulan cenderung mendekati 0. Hal ini menunjukkan bahwa NDVI Landsat 8 dengan NDVI Kamera *Infrared* memiliki hubungan kedekatan yang kurang baik. Koefisien korelasi yang didapatkan pada bulan Juli 2019 dan Agustus 2019 berturut-turut adalah 0,117 dan 0,135 menunjukkan hubungan sangat rendah antara kedua data. Sedangkan pada bulan September 2019, Oktober 2019, dan November 2019 nilai R sebesar 0,362, 0,297, dan 0,348 menunjukkan tingkat hubungan rendah. Grafik regresi pada *scatter plot* pada gambar 4.14 miring ke arah kanan, menunjukkan bahwa korelasi bersifat berbanding seaarah.

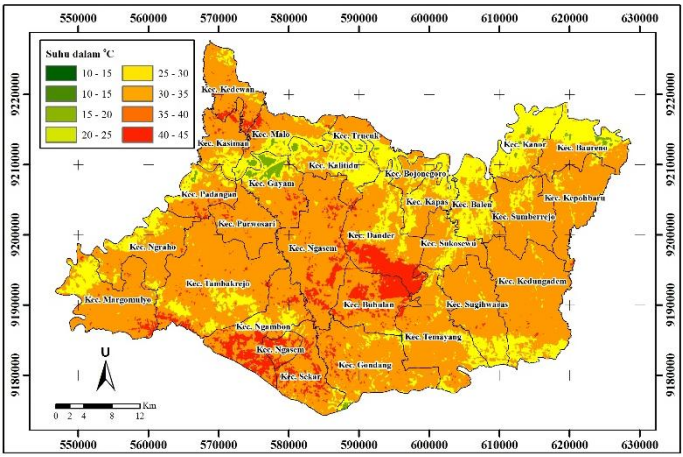
Rendahnya tingkat korelasi ini disebabkan karena pengambilan data dengan Kamera *Infrared* dilakukan pada bulan basah yaitu Januari 2020, sedangkan citra Landsat 8 yang digunakan adalah citra pada bulan kering. Sehingga terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada kondisi kerapatan vegetasi. Meskipun demikian nilai R yang didapatkan pada setiap bulan bersifat positif yang berarti kedua data bersifat berbanding searah. Sehingga, data NDVI Landsat 8 dapat digunakan untuk melakukan perhitungan TVDI.

4.2.5. Perhitungan LST

Perhitungan *Land Surface Temperature* (LST) dilakukan dengan pengolahan citra Landsat 8 pada kanal *thermal* atau band 10. Pengolahan LST dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa parameter yaitu gamma (γ), delta (δ), emisifitas (ε), serta ToA *Radiance* Band 10 citra Landsat 8. Nilai gamma didapatkan dengan melakukan perhitungan persamaan 2.3, sedangkan nilai delta didapatkan

dengan melakukan perhitunga persama 2.4. Emisifitas didapatkan dari penurunan data NDVI dan parameter koreksi atmosfer dari band 10 citra Landsat 8. Untuk mendapatkan parameter koreksi atmosfer band 10 citra Landsat 8 diperlukan data kelembaban udara, suhu udara rata-rata, serta tekanan udara. Data merupakan data yang diambil pada tanggal yang sama dengan tanggal perekaman citra.

Gambar 4.15 merupakan hasil dari perhitungan LST Kabupaten Bojonegoro pada bulan September 2019. Secara keseluruhan, sebagian besar suhu permukaan Kabupaten Bojonegoro didominasi oleh suhu pada rentang 35°C hingga 40°C. Suhu lebih dari 40 ^{o}C berada di wilayah Kabupaten Bojonegoro bagian tengah. LST ditunjukkan dalam satuan ^{o}C.



Gambar 4. 15. *Land Surface Temperature* Kabupaten Bojonegoro Bulan September 2019
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Dari pengolahan yang dilakukan, hasil LST secara umum memiliki rentang yang berbeda pada

setiap bulan. Nilai suhu permukaan cenderung mengalami kenaikan dari bulan Juli hingga Oktober 2019. Nilai suhu permukaan tertinggi pada Bulan Juli 2019 adalah 29,5 ^{O}C. Kemudian naik menjadi 39,6 ^{O}C pada bulan Agustus 2019. Pada bulan September 2019 nilai suhu permukaan semakin naik hingga mencapai 40,2 ^{O}C dan mengalami puncak pada bulan Oktober 2019 dengan suhu tertinggi mencapai 41,1 ^{O}C. Kemudian kembali turun pada bulan November 2019 menjadi 39.2 ^{O}C.

Tabel 4. 14. Nilai LST Pada Titik Sampel

Bulan	**LST Terendah (^{o}C)**	**LST Tertinggi (^{o}C)**
Juli	8.1	29,5
Agustus	17.1	39,6
September	22.8	40,2
Oktober	10.3	41,1
November	17.0	39,2

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

4.2.6. Perhitungan TVDI

Perhitungan indeks kekeringan TVDI dilakukan dengan memanfaatkan hubungan antara indeks vegetasi dan suhu permukaan. *Scatterplot* dilakukan pada kedua data dengan indeks vegetasi NDVI pada sumbu X dan suhu permukaan pada suhu Y. *Scatterplot* akan membentuk segitiga dimana sisi atas bagian segitiga seperti gambar 4.16 disebut batas kering, sedangkan sisi bawah segitiga seperti gambar 4.17 disebut dengan batas basah. Persamaan dari kedua batas tersebut yang akan digunakan pada algoritma TVDI seperti pada persamaan 2.8.

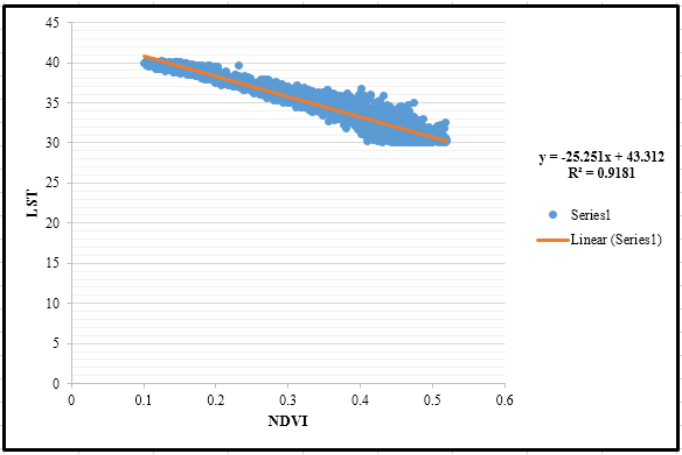
Scatterplot dilakukan pada NDVI Citra Landsat 8 dan Suhu Permukaan untuk setiap bulan.

Sehingga didapatkan persamaan batas kering dan batas bawah. Karena data LST dan NDVI berbeda pada setiap bulan penelitian, maka batas basah dan batas kering pada setiap bulan berbeda. Persamaan batas basah dan batas kering disajikan pada tabel tabel 4.15. Dari *scatterplot* yang dilakukan, didapatkan persamaan batas basah dan batas kering yang berbeda pada setiap tanggal citra. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan pada kondisi basah dan kering setiap tanggal citra.

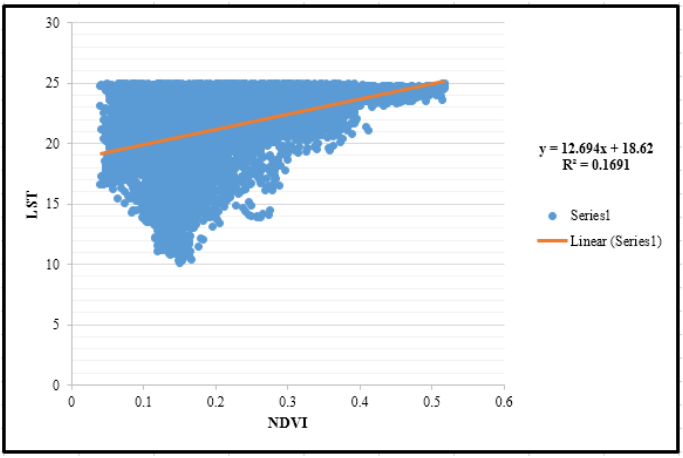
Tabel 4. 15. Batas Kering dan Batas Basah

Bulan	Batas Basah	Batas Kering
Juli	Y=3.1038X+22.672	Y=(-33.684X)+49.742
Agustus	Y=(-4.8892X)+24.25	Y=(-25.279X)+41.588
September	Y=(-10.142X)+27.262	Y=(-31.33X)+42.243
Oktober	Y=12.694X+18.62	Y=(-25.251X)+43.312
November	Y=4.8651X+22.104	Y=(-25.366X)+42.027

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)



Gambar 4. 16. Batas Kering TVDI Bulan Oktober 2019
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

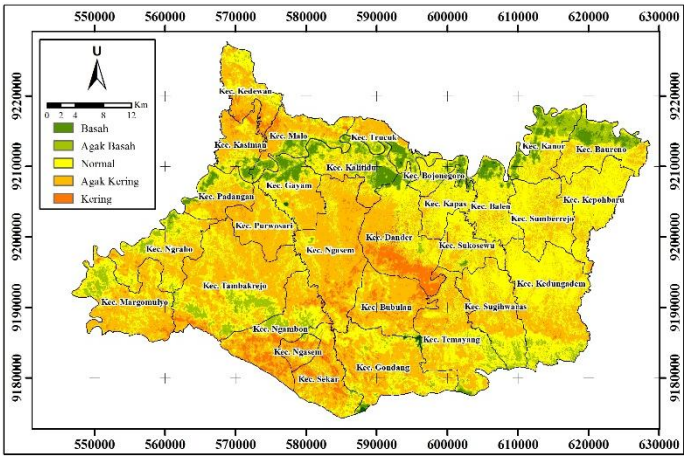


Gambar 4. 17. Batas Basah TVDI Bulan Oktober 2019
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

4.3. Tingkat Kekeringan Berdasarka TVDI

Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan rentang TVDI antara 0 hingga 1 (Sandholt, 2002). Nilai TVDI diklasifikasikan menjadi lima kelas, yaitu 0 s.d. 0,2 adalah basah, 0,2 s.d. 0,4 agak basah, 0,4 s.d. 0,6 normal, 0,6 s.d. 0,8 agak kering dan 0,8 s.d. 1 adalah kering. Sedangkan nilai negatif menunjukkan bawa tutupan lahan digenangi oleh air.

Gambar 4.18 merupakan hasil perhitungan TVDI bulan September 2019. Secara keseluruhan sebaran nilai TVDI Kabupaten Bojonegoro pada bulan September 2019 didominasi oleh kelas kekeringan Normal dan Agak Kering. Kelas kekeringan basah dan agak basah tersebar di bagian utara Kabupaten Bojonegoro, dimana wilayah tersebut dialiri oleh Sungai Bengawan Solo.



Gambar 4. 18. TVDI Kabupaten Bojonegoro Bulan September 2019
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Dengan lokasi titik sampel yang sama pada tabel 4.6, didapatkan sampel nilai TVDI untuk setiap kecamatan yang menjadi lokasi pengamatan. Sehingga didapatkan nilai TVDI untuk tiap sampel yang ditunjukkan pada tabel 4.16. Nilai TVDI pada titik sampel menunjukkan tingkat kekeringan yang terjadi di lahan sawah Kabupaten Bojonegoro. Pada bulan Juli 2019 tingkat kekeringan cenderung berada pada kelas Normal dengan rentang nilai pada 0,4 hingga 0,6. Pada bulan Agustus, September, dan November 2019 tingkat kekeringan berada pada kelas agak kering dengan rentang nilai TVDI antara 0,6 hingga 0,8. Pada bulan Oktober nilai TVDI berada pada rentang 0,8 hingga 1 yang menunjukkan pada bulan ini tingkat kekeringan berada pada kelas kering.

Tabel 4. 16. Nilai TVDI Pada Titik Sampel

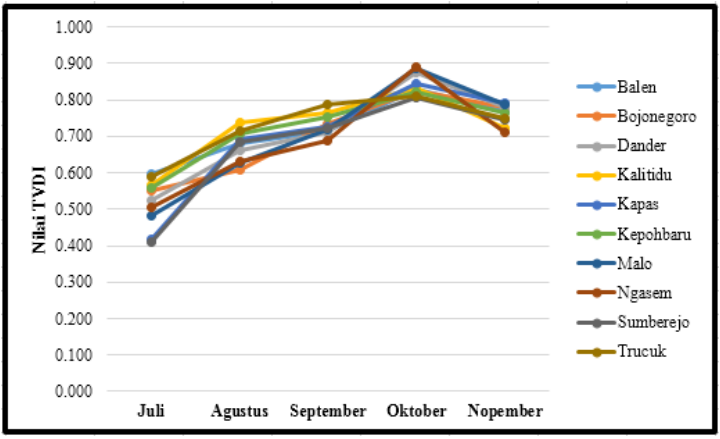
No Sampel	Juli	Agustus	September	Oktober	November
I.1	0,571	0,683	0,842	0,850	0,643
I.2	0,398	0,333	0,378	0,490	0,390
I.3	0,579	0,637	0,765	0,731	0,321
I.4	0,436	0,367	0,423	0,535	0,319
I.5	0,604	0,868	0,698	0,703	0,370
I.6	0,115	0,294	0,091	0,367	0,199
I.7	0,578	0,476	0,437	0,696	0,418
I.8	0,768	0,622	0,708	0,756	0,743
I.9	0,610	0,715	0,728	0,709	0,361
I.10	0,483	0,518	0,547	0,608	0,640
I.11	0,720	0,603	0,689	0,742	0,682
I.12	0,658	0,719	0,568	0,692	0,728
I.13	0,458	0,274	0,092	0,292	0,156
I.14	0,577	0,639	0,697	0,794	0,573
I.15	0,804	0,835	1,023	1,081	0,845
I.16	0,711	0,562	0,539	0,709	0,398
I.17	0,437	0,441	0,467	0,578	0,663
I.18	0,691	0,818	0,591	0,541	0,718
I.19	0,561	0,462	0,479	0,631	0,587
I.20	0,411	0,330	0,382	0,455	0,354
I.21	0,776	0,853	0,889	0,722	0,728
I.22	0,745	0,605	0,581	0,679	0,358
I.23	0,636	0,584	0,621	0,706	0,644
I.24	0,801	0,674	0,636	0,678	0,425
I.25	0,733	0,527	0,530	0,687	0,645
I.26	0,721	0,606	0,554	0,723	0,665
I.27	0,714	0,503	0,536	0,580	0,662
I.28	0,436	0,247	0,149	0,411	0,248
I.29	0,368	0,222	0,141	0,358	0,318
I.30	0,511	0,397	0,385	0,561	0,331

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Dari perhitungan nilai TVDI yang telah dilakukan pada bulan Juli hingga November 2019, diambil satu data perhitungan dengan nilai tertinggi untuk dijadikan sebagai Peta Kekeringan Kabupaten Bojonegoro. Hasil perhitungan TVDI yang digunakan adalah pada bulan Oktober 2019 dimana pada bulan tersebut terjadi puncak kekeringan. Peta kekeringan dibuat dengan skala 1:50.000 dimana skala ini sesuai dengan resolusi spasial citra Landsat 8 yaitu 30 meter (Sulistyo, 2016).

4.4. Pola Kekeringan Lahan Sawah

Analisis pola kekeringan lahan sawah dilakukan dengan menggunakan data titik sampel pada tabel 4.19. Nilai titik sampel tersebut dimasukkan dalam grafik *time series* untuk melihat pola waktu terjadinya kekeringan pada tahun 2019.



Gambar 4. 19. Grafik Pola Kekeringan Lahan Sawah Kabupaten Bojonegoro
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Dari grafik *time series* dapat dilihat bahwa nilai TVDI cenderung mengalami kenaikan dari bulan Juli 2019 hingga bulan Oktober 2019, kemudian turun kembali pada bulan November 2019. Hal tersebut menunjukkan bahwa tingkat kekeringan mengalami kenaikan dari bulan Juli 2019 dan mengalami puncak di bulan Oktober 2019.

4.5. Hubungan Sumber Kekeringan Dengan Sumber Air

4.5.1. Sebaran Sumber Air

Data sumber air yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sumber air berupa embung dan *Check* DAM. Kedua sumber ini dipilih karena sebagian besar pengairan lahan sawah di Kabupaten Bojonegoro menggunakan sumber air ini sebagai perairan selain mengandalkan air hujan. Data sumber air didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Sumberdaya Air Kabupaten Bojonegoro.

Embung merupakan badan air buatan manusia yang berupa cekungan yang digunakan untuk menampung air selama musim hujan. Air yang ditampung dalam embung nantinya dimanfaatkan sebagai sumber irigasi sawah pada musim kemarau. Sedangkan *Check* DAM/bendungan merupakan bangunan yang digunakan untuk menghambat aliran air. Sehingga terbentuk badan air berupa waduk. Air yang telah di tampung pada bendungan dapat digunakan untuk bebagai keperluan, salah satunya adalah sumber irigasi sawah.

Gambar 4. 20. Embung Mayangkawis Desa Mayangkawis Kec. Balen Kab. Bojonegoro (Sumber: Google Maps)

Gambar 4. 21. DAM Klepek Kabupaten Bojonegoro (Sumber: Google Maps)

Data embung Kabupaten Bojonegoro menunjukkan bahwa terdapat sebanyak 211 embung yang tersebar di wilayah studi kasus dengan total volume air tampung sebanyak 13.273.683,129 m^3. Jumlah embung terbanyak berada di wilayah kecamatan Kepohbaru yaitu sebanyak 70 embung. Namun jumlah volume total terbanyak berada pada Kecamatan Sumberejo dengan total volume mencapai 3.621.289,550 m^3.

Tabel 4. 17. Sebaran Embung

No	Kecamatan	Jumlah Embung	Volume Total Embung (m^3)
1	Balen	25	874.858,193
2	Bojonegoro	6	31.509,219
3	Dander	10	566.646,705
4	Kalitidu	12	946.254,512
5	Kapas	9	1.960.704,001
6	Kepohbaru	70	3621.289,550
7	Malo	7	301.480,000
8	Ngasem	25	934.434,168
9	Sumberejo	38	3.969.808,189
10	Trucuk	9	66.698,592
Jumlah		**211**	**13.273.683,130**

(Sumber: Dinas PU Sumber Daya Air Kabupaten Bojonegoro)

Data sebaran *Check* DAM pada studi kasus ditunjukkan pada tabel 4.18. Dari sepuluh kecamatan yang menjadi studi kasus, memiliki total 101 *Check* DAM dengan volume total sebesar 628.440 m^3. Sebaran *Check* DAM terbanyak berada pada kecamatan Sumberejo dengan jumlah *Check* DAM sebanyak 25 dengan total volume sebedar 144.720 m^3.

Tabel 4. 18. Sebaran Check DAM

No	Kecamatan	Jumlah DAM	Volume Total DAM (m^3)
1	Balen	12	73.230
2	Bojonegoro	1	5.760
3	Dander	10	64.235
4	Kalitidu	7	38.160
5	Kapas	13	85.030
6	Kepohbaru	18	115.200

No	Kecamatan	Jumlah DAM	Volume Total DAM (m^3)
7	Malo	3	17.280
8	Ngasem	11	79.065
9	Sumberejo	25	144.720
10	Trucuk	1	5.760
Jumlah		**101**	**628.440**

(Sumber: Dinas PU Sumber Daya Air Kabupaten Bojonegoro)

Dari keseluruhan data sumber air, sebaran sumber air terbanyak berada pada kecamatan Kepohbaru dengan jumlah 88 sumber air. Sumber air tersebut terdiri dari 70 embung dan 18 *Check* DAM. Namun persediaan air terbanyak berada pada kecamatan Sumberejo dengan total volume air sebesar 4.114.528,189 m^3.

Tabel 4. 19. Total Sumber Air

No	Kecamatan	Jumlah Sumber Air	Volume Total (m^3)
1	Balen	37	948.088,193
2	Bojonegoro	7	37.269,219
3	Dander	20	630.881,705
4	Kalitidu	19	984.414,512
5	Kapas	22	2.045.734,001
6	Kepohbaru	88	3.736.489,550
7	Malo	10	318.760,000
8	Ngasem	36	1.013.499,168
9	Sumberejo	63	4.114.528,189
10	Trucuk	10	72.458,592
Jumlah		**312**	**13.902.123,13**

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

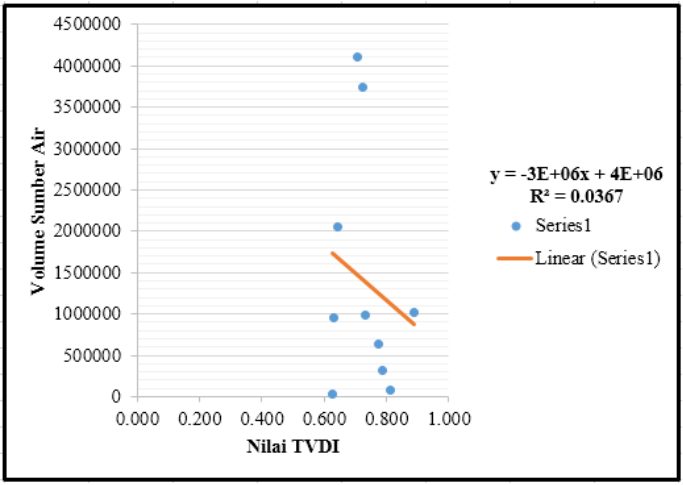
4.5.2. Hubungan TVDI dengan Sumber Air

Pada sebagian besar daerah di Asia, tanaman padi tidak dapat tumbuh dengan optimum karena kelebihan atau kekurangan air (Rahmatin, 2019). Sehingga perlu diketahui bagaimana hubungan antara tingat kekeringan dengan ketesediaan air. Untuk mengetahui hubungan kekeringan dengan ketersediaan sumber air, dilakukan uji korelasi antara indeks kekeringan TVDI dengan data ketersediaan air. Data sumber air yang digunakan adalah data sumber air berupa *Check* DAM dan embung. Kedua sumber air ini dipilih karena sebagian besar wilayah di Kabupaten Bojonegoro menggunakan sumber air ini sebagai sumber irigasi. Meskipun Kabupaten Bojonegoro dilewati oleh Sungai Bengawan Solo, hanya beberapa daerah didekat sungai tersebut yang memanfaatkan sumber air dari Sungai Bengawan Solo. Nilai TVDI yang dikorelasikan dengan sumber air adalah nilai dengan tingkat kekeringan tertinggi pada titik sampel dari setiap kecamatan.

Tabel 4. 20. Nilai TVDI Dengan Total Sumber Air

Kecamatan	TVDI	Total Sumber Air	Volume Total (m^3)
Balen	0,629	37	948.088,193
Bojonegoro	0,626	7	37.269,219
Dander	0,774	20	630.881,705
Kalitidu	0,731	19	984.414,512
Kapas	0,643	22	2.045.734,001
Kepohbaru	0,723	88	3.736.489,550
Malo	0,786	10	318.760,000
Ngasem	0,890	36	1.013.499,168
Sumberejo	0,706	63	4.114.528,189
Trucuk	0,810	10	72.458,592

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)



Gambar 4. 22. Korelasi TVDI Dengan Ketersediaan Sumber Air
(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Uji korelasi dilakukan antara nilai TVDI dengan volume total dari ketersediaan air di setiap kecamatan. Dari uji korelasi, didapatkan nilai R^2 sebesar 0,037. Sehingga nilai koefisien korelasi (R) adalah 0,192 dimana nilai tersebut menunjukkan tingkat korelasi rendah antara nilai TVDI dengan total volume sumber air. Nilai koefisien korelasi ini menunjukkan bahwa hanya terdapat sedikit hubungan antara TVDI dengan volume air. Sehingga dapat disimpulkan bahwa volume ketersediaan air tidak berpengaruh langsung terhadap tingkat kekeringan yang terjadi. Grafik pada *scatterplot* seperti pada gambar 4.22 miring ke kiri, menunjukkan bahwa nilai R bersifat negatif. Nilai negatif ini menunjukkan bahwa hubungan yang terjadi bersifat berbanding terbalik, yaitu semakin tinggi kekeringan maka semakin rendah volume air yang tersedia.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan perhitungan TVDI bulan Juli tahun 2019 tingkat kekeringan cenderung pada kelas normal. Pada bulan Agustus dan September 2019 kekeringan berada pada kelas agak kering. Bulan Oktober 2019 tingkat kekeringan berada pada kelas kering. Sedangkan pada Bulan November 2019 tingkat kekeringan berada pada tingkat agak kering.
2. Berdasarkan grafik *time series* nilai TVDI, kekeringan mengalami kenaikan dari bulan Juli 2019 dan mengalami puncak kekeringan pada bulan Oktober 2019.
3. Hasil uji korelasi antara TVDI dengan sumber air menunjukkan bahwa kedua variabel hubungan korelasi yang rendah dengan koefisien korelasi -0,192. Sehingga ketersediaan sumber air tidak berpengaruh langsung terhadap tingkat kekeringan.

5.2. Saran

1. Data Citra Landsat 8 dan Sentinel 2 sebaiknya dipilih pada tanggal yang relatif berdekatan, sehingga tidak terjadi perbedaan yang signifikan pada kondisi permukaan bumi antara kedua.
2. Validasi indeks vegetasi dengan kamera *Infrared* sebaiknya dilakukan pada bulan kering, sehingga data yang didapatkan dapat merepresentasikan kondisi vegetasi pada saat terjadi kekeringan.
3. Diperlukan pengecekan lapangan untuk suhu permukaan (LST) dan sebaran sumber air.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Adiningsih, E.S., 2014. Tinjauan Metode deteksi parameter kekeringan berbasis data penginderaan jauh. In Seminar Nasional Penginderaan Jauh.: Pengolahan Data dan Pengenalan Pola. Hlm (pp. 210-220).

Afif, H.A., Harist, M.C. dan Nurhdanayani, D., 2019, Februari. Pemetaan Wilayah Potensi Kekeringan Menggunakan Sistem Informasi Geografi dan Penginderaan Jauh (Studi Kasus Kabupaten Brebes). In Seminar Nasional Geomatika (Vol. 3, pp. 1115-1122).

Badan Penganggulangan Bencana Nasional. 2014. Rencana Nasional Penanggulangan Bencana 2015-2019. Jakarta: BNPB.

Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Bojonegoro. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kabupaten Bojonegoro Tahun 2018-2023

Bangun M.S. dan Witarsih, D., 2016. Pemetaan Tingkat Kekeringan Berdasarkan Parameter Indeks TVDI Data Citra Satelit Landsat-8 (Studi Kasus: Provinsi Jawa Timur). Jurnal Teknik ITS, *5*(2), pp.C99-C103.

Darma, R., 2012. Unsur-unsur Pembangunan Dalam Pengelolaan Pengairan.

Daud, M. dan Putra, M.I.J., 2019, Februari. Pemetaan Kondisi Lingkungan Bentik dengan Citra Sentinel-2 di Pulau Panjang, Kabupaten Serang. In Seminar Nasional Geomatika (Vol. 3, pp. 939-946).

Fadlillah, M.F., Hadiani, R.R.R. dan Solichin, S., 2019. Analisis Kekeringan Hidrologi Berdasarkan Metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) di Daerah Aliran Sungai Alang Kabupaten Wonogiri. Matriks Teknik Sipil, *7*(3).

Fathoni, M.A. dan Sudaryatno, S., 2015. Pemanfaatan Citra Ldansat 8 untuk Pemetaan Kekeringan Pertanian dengan *Transformasi Temperature Vegetation Dryness Index*

(TVDI) di Kabupaten Sukoharjo Tahun 2013-2014. Jurnal Bumi Indonesia, *4*(1).

Goldberg, S.J., Kirby, J.T. and Licht, S.C., 2016. *Applications of Aerial Multi-Spectral Imagery for Algal Bloom Monitoring in Rhode Island*. SURFO *Technical Report No. 16-01*, p.28.

Hadi, S.W., Setyawan, G.E. and Maulana, R., 2017. Sistem Kendali Navigasi Ar. *Drone Quadcopter* Dengan Prinsip *Natural User Interface* Menggunakan Microsoft Kinect. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer e-ISSN, 2548, p.964X.

Jaelani, L.M. dan Wardani, R.I., 2019. Validasi Reflektan Permukaan Hasil dari Koreksi Atmosfer Metode Sen2cor Menggunakan Data *in Situ* (Studi Kasus: Danau Kasumigaura, Jepang). Geoid, 14(2), pp.35-42

Jimenez-Muñoz, J.C., et al., 2008. *Revision of The Single-Channel Algorithm for Ldan Surface Temperature Retrieval from Ldansat Thermal-Infrared Data. IEEE Transactions On Geoscience Dan Remote Sensing*, 47(1), pp.339-349.

Kementerian Pertanian. Luas Lahan Padi Puso Akibat Kekeringan Tahun 2019, <URL: http://prasarana.pertanian.go.id/iklimoptdpimy/>. Dikunjungi pada 14 November 2019 jam 19.20.

Kurnia, U., 2004. Prospek pengairan pertanian tanaman semusim lahan kering. Jurnal Litbang Pertanian, 23(4), pp.130-138.

Kusumowidagdo, M., dkk. 2007. Pengideraan Jauh dan Interpretasi Peta. Jakarta. Jurusan Geografi Universitas Negeri Semarang

Landgrebe, D. (2003). *Signal Theory Methods in Multispectral Remote Sensing*. New Jersey: John Willey & Sons Inc.

Li, W., *et al*., 2013. A comparis*on of Land Surface Water Mapping Using the Normalized Difference Water Index from* TM, ETM+ and ALI. *Remote Sensing*, 5(11), pp.5530-5549.

Madsen, S.L., *et al*., 2017. *RoboWeedSupport-Semi-Automated Unmanned Aerial System for Cost Efficient High Resolution*

in Sub-Millimeter Scale Acquisition of Weed Images. *Int. J. Mech. Aerosp. Ind. Mechatron. Manuf. Eng, 11*, pp.835-839.

Mapir. Spesifications. <URL: https://www.mapir.camera/pages/survey3-cameras#specs>. Diakses padad 9 Januari 2020 pukul 10.15.

Nadira, S., 2018. Analisis Tutupan Lahan Menggunakan Citra Sentinel 2 di Kawasan Pesisir Kabupaten Langkat.

Nilasari, M., Sasmito, B. dan Sukmono, A., 2017. Aplikasi Penginderaan Jauh untuk Memetakan Kekeringan Lahan Pertanian dengan Metode Thermal Vegetation Index (Studi Kasus: Kabupaten Kudus, Jawa Tengah). Jurnal Geodesi Undip, 6(3), pp.97-105.

Nugroho, S., Akbar, S. dan Vusvitasari, R., 2008. Kajian Hubungan Koefisien Korelasi Pearson (r), Spearman-rho (ρ), Kendall-Tau (τ), Gamma (G), dan Somers (d_{xy}). *GRADIEN:* Jurnal Ilmiah MIPA, *4*(2), pp.372-381.

Nugroho, S.A., Wijaya, A.P. dan Sukmono, A., 2016. Analisis Pengaruh Perubahan Vegetasi Terhadap Suhu Permukaan di Wilayah Kabupaten Semarang Menggunakan Metode Penginderaan Jauh. Jurnal Geodesi Undip, 5(1), pp.253-263.

O'Keefe, M., 2018. *Unmanned Aerial Systems for Estimating Canopy Structure and Assessing Vegetation Health in Willow Crops*.

Pamungkas, L.H.A., Susilo, S. and Pratama, Y.P., 2017. Peranan Pertanian Sistem Arealan dan Penanggulangan Kemiskinan di Pedesaan (Studi Kasus Desa Manukan Kecamatan Kalitidu Kabupaten Bojonegoro). Jurnal Ilmu Ekonomi dan Pembangunan, 15(1).

Parwati dan Suwarsono. 2008. Model Indeks TVDI (*Temperature Vegetation Dryness Index*) Untuk Mendeteksi Kekeringan Lahan Berdasarkan Data Modis-Terra. Jurnal Penginderaan Jauh Vol. 5, 2008: 35-44

Prayoga, M.P., 2017. Analisis Spasial Tingkat Kekeringan Wilayah Berbasis Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi

Geografis (*Doctoral Dissertation*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).

Purwanto, A., 2016. Pemanfaatan citra Ldansat 8 untuk identifikasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) di Kecamatan Silat Hilir Kabupaten Kapuas Hulu. Edukasi*:* Jurnal Pendidikan, 13(1), pp.27-36.

Putri, D.R., Sukmono, A. dan Sudarsono, B., 2018. Analisis Kombinasi Citra Sentinel-1A dan Citra Sentinel-2A Untuk Klasifikasi Tutupan Lahan (Studi Kasus: Kabupaten Demak, Jawa Tengah). Jurnal Geodesi Undip, 7(2), pp.85-96.

Rahman, F., Sukmono, A. dan Yuwono, B.D., 2017. Analisis Kekeringan pada Lahan Pertanian Menggunakan Metode NDDI dan Perka Bnpb Nomor 02 Tahun 2012 (Studi Kasus: Kabupaten Kendal Tahun 2015). Jurnal Geodesi Undip, 6(4), pp.274-284.

Rahmatin, L. A. 2019. Analisis Ketersediaan Sumber Daya Air Menggunakan Citra Multilevel Guna Menunjang Peningkatan Produktivitas Panen Padi (Studi Kasus: Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur). Instsitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Rizqi, M., 2018. Perencanaan Jalur Terbang Tanpa Pilot Pada Proses Pengumpulan Data Untuk Pemetaan Dengan Penerbangan Tanpa Awak. Jurnal Link, 27(1), pp.3-13.

Sandholt, I., Rasmussen, K. *and* Andersen, J., 2002. *A Simple Interpretation of the Surface Temperature/Vegetation Index Space for Assessment of Surface Moisture Status*. *Remote Sensing of environment*, 79(2-3), pp.213-224.

Schultz, Natalie. 2017. *High Resolution Remote Sensing Using UAS Technology*, <URL: https://hixon.yale.edu/research/fellowship/fellows/natalie-schultz>. Dikunjungi pada tanggal 14 Januari 2020, jam 11.40.

Sitanggang, G., 2010. Kajian pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (LDANSAT-8). Berita Dirgantara, 11(2).

Sosiawan, H. and Subagyono, K., 2009. Strategi pembagian Air Secara Proporsional Untuk Keberlanjutan Pemanfaatan Air. Pengembangan Inovasi Pertanian, *2*(4), p.2009.

Sugiyono, D. R. (2006). Statistika untuk penelitian. *Bandung: CV. Alfabeta*.

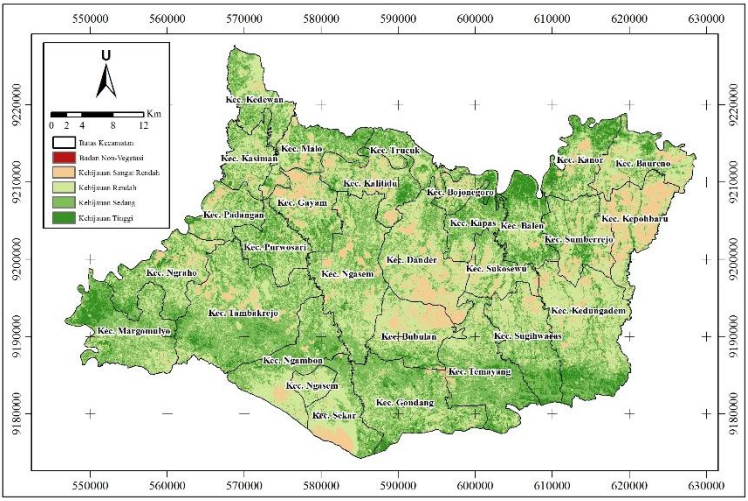
Sulistyo, B., 2016. Peran Citra Satelit Resolusi Tinggi dalam Penyusunan Rencana Detil Tata Ruang. Makalah disampaikan pada Sosialisasi Integrasi Penyelenggaraan Penataan Ruang Dengan Pertanahan, Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Bengkulu, Hotel Grage, Bengkulu, 3.

Tarigan, H., Dharmawan, A.H., Tjondronegoro, S.M.P. dan Suradisastra, K., 2016. Persaingan Akses Sumber Daya Air di Yeh Ho, Tabanan, Bali. Jurnal Agro Ekonomi, *31*(2), pp.143-159.

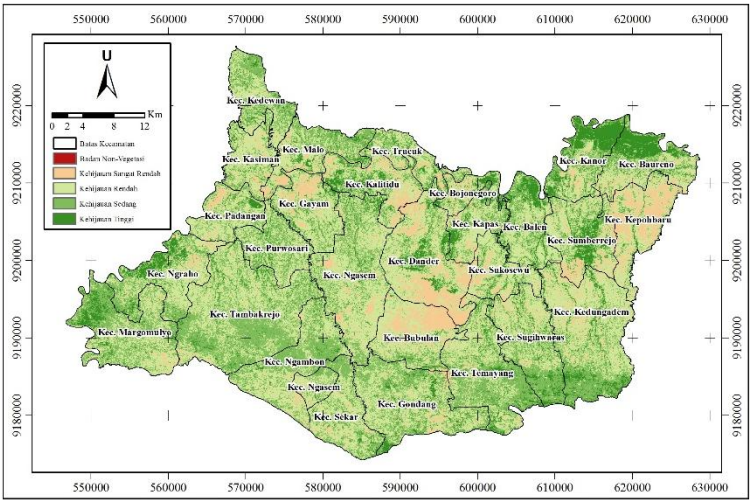
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

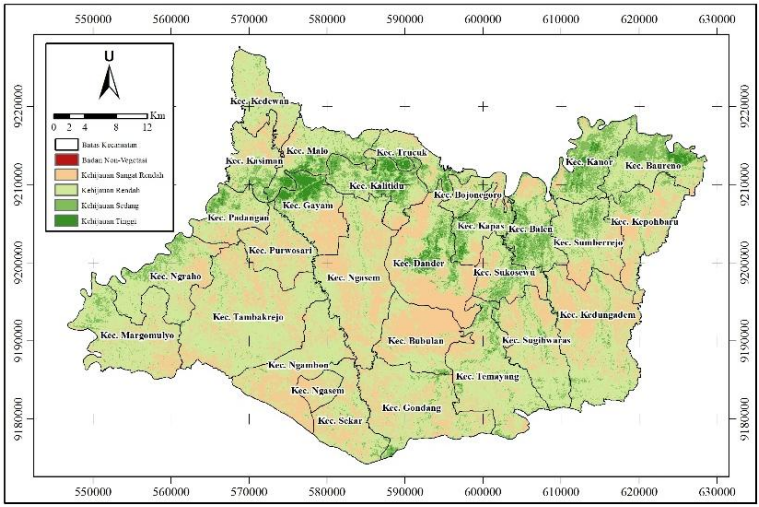
A. NDVI Citra Landsat 8



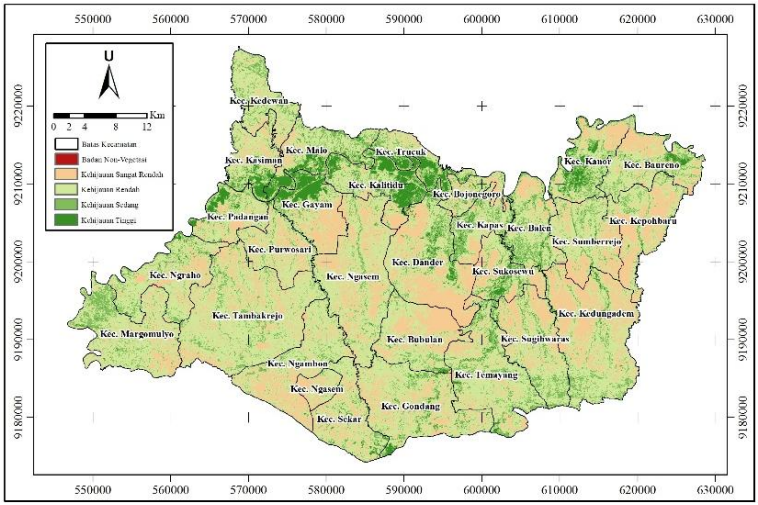
NDVI Citra Landsat 8 Bulan Juli 2019



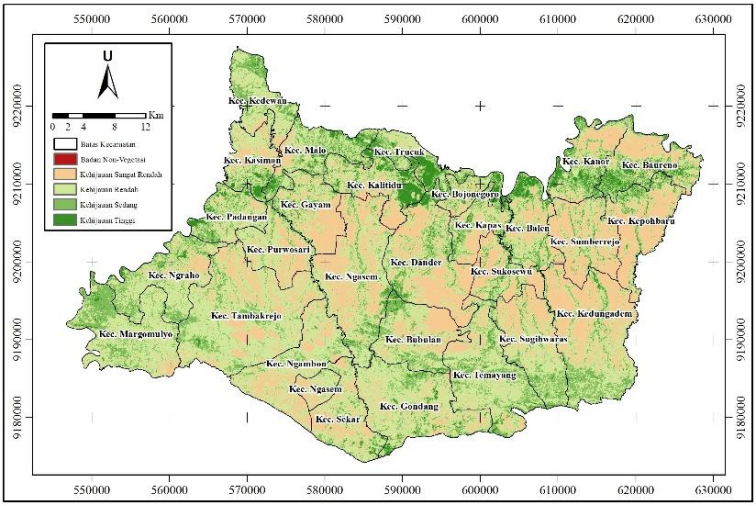
NDVI Citra Landsat 8 Bulan Agustus 2019



NDVI Citra Landsat 8 Bulan September 2019

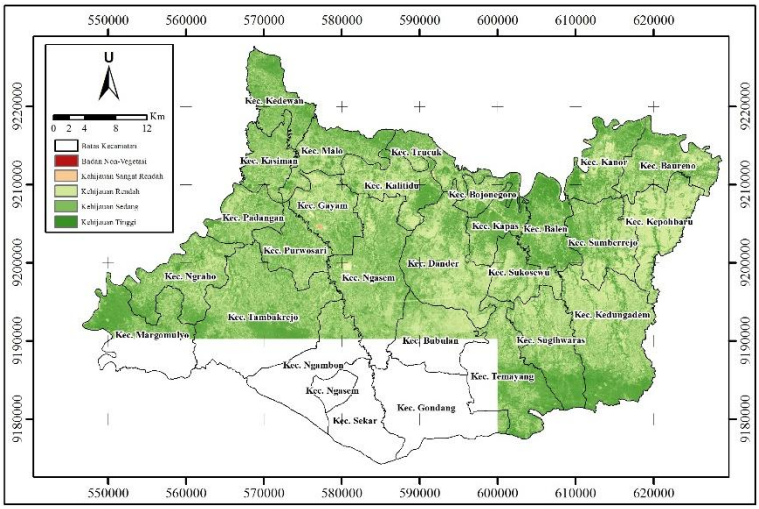


NDVI Citra Landsat 8 Bulan Oktober 2019

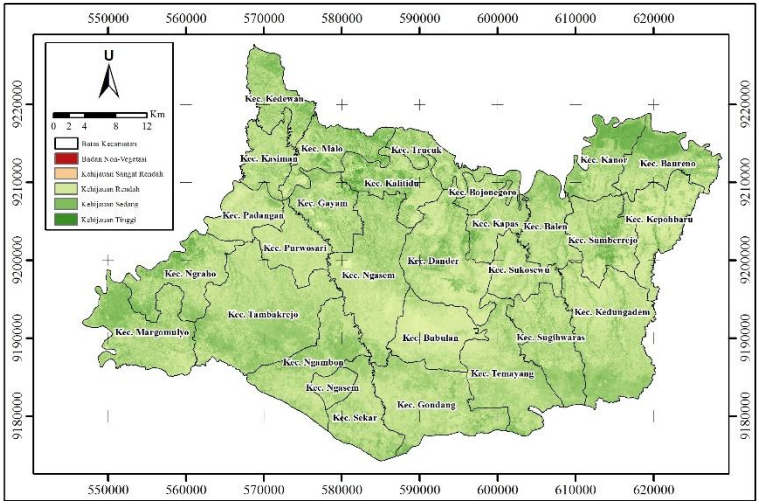


NDVI Citra Landsat 8 Bulan November 2019

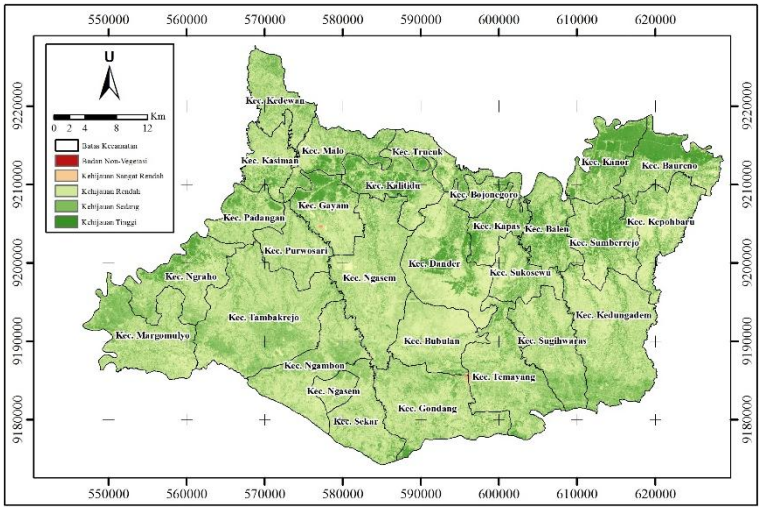
B. NDVI Citra Sentinel 2



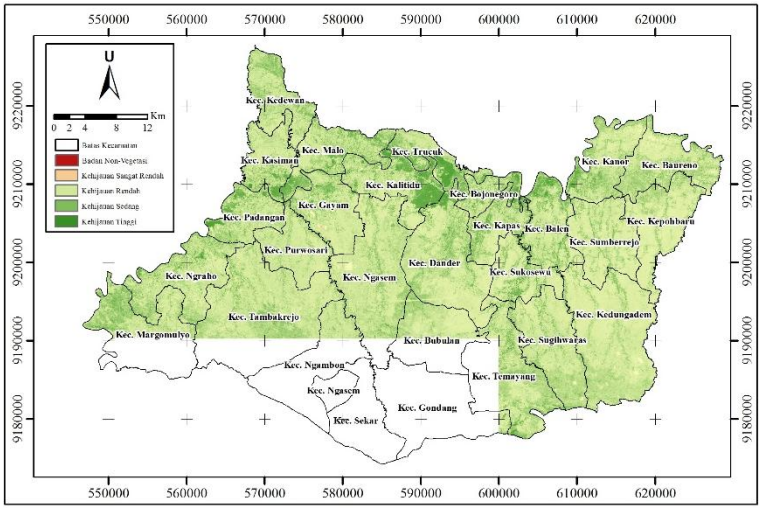
NDVI Citra Sentinel 2 Bulan Juli 2019



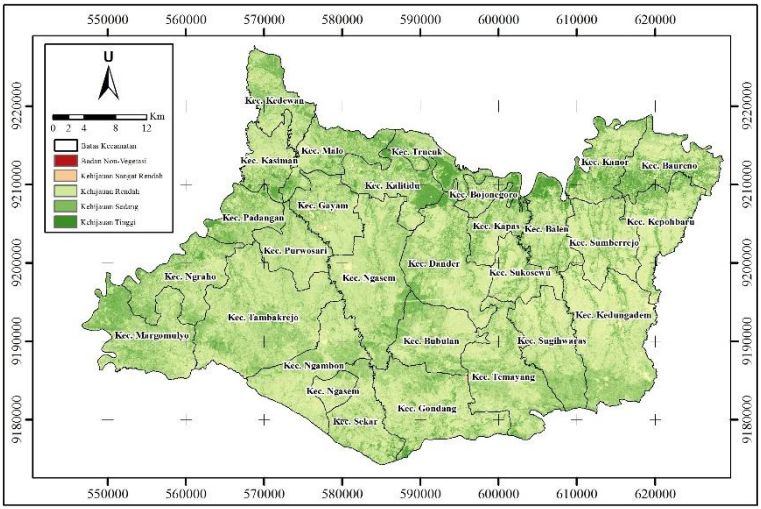
NDVI Citra Sentinel 2 Bulan Agustus 2019



NDVI Citra Sentinel 2 Bulan September 2019

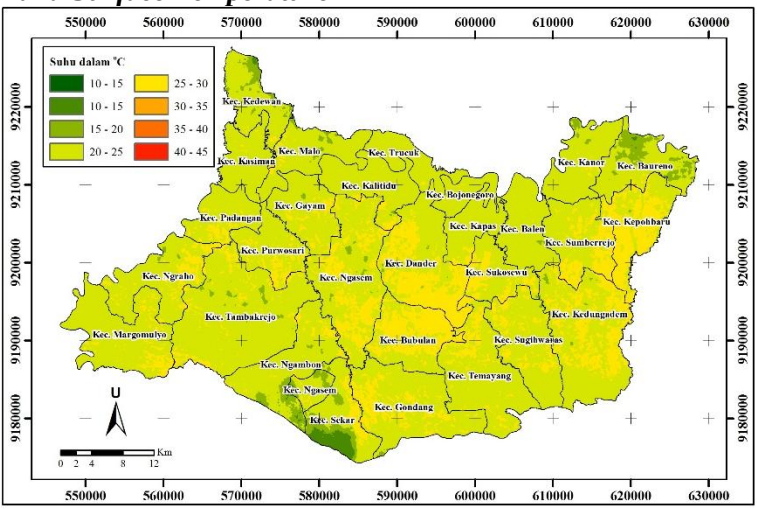


NDVI Citra Sentinel 2 Bulan Oktober 2019

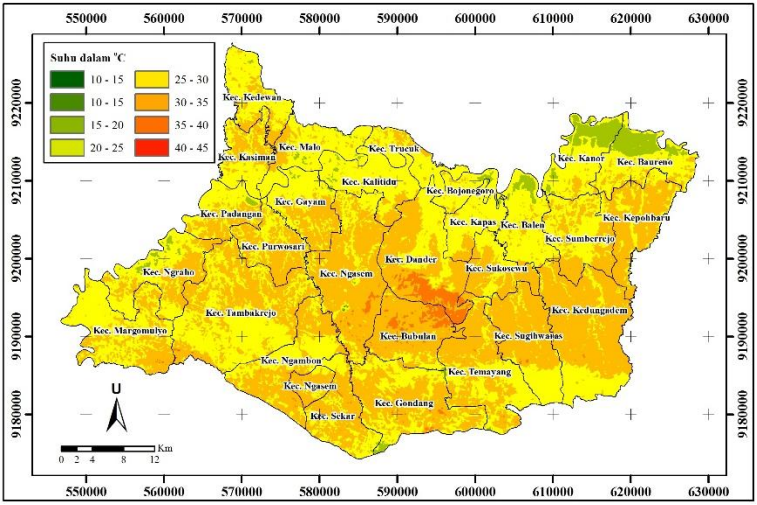


NDVI Citra Sentinel 2 Bulan November 2019

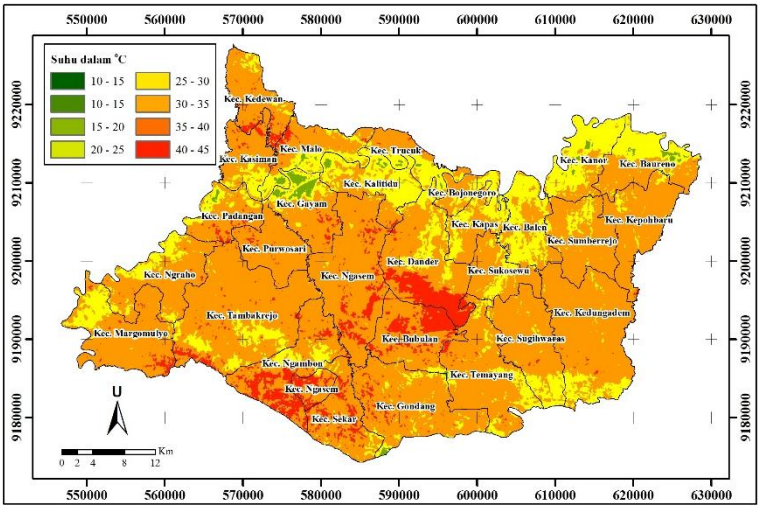
C. Land Surface Temperature



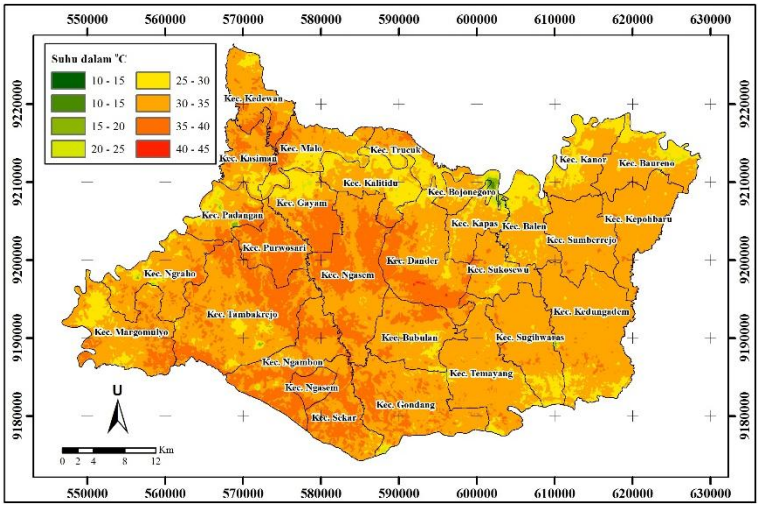
LST Bulan Juli 2019



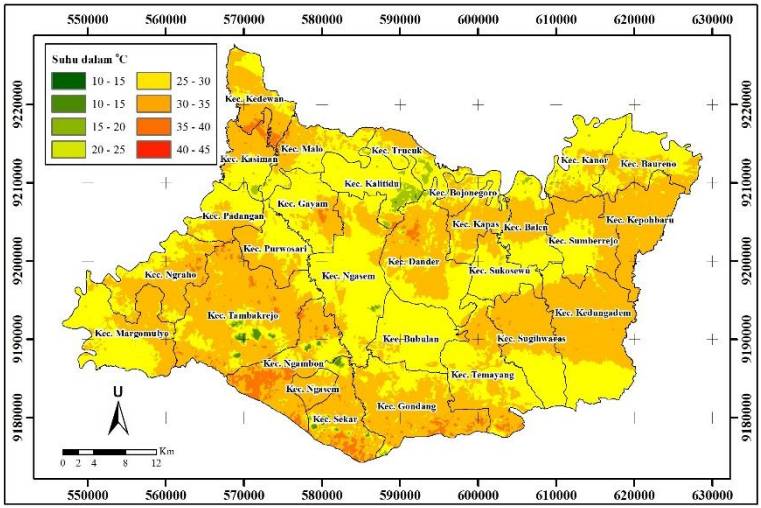
LST Bulan Agustus 2019



LST Bulan September 2019

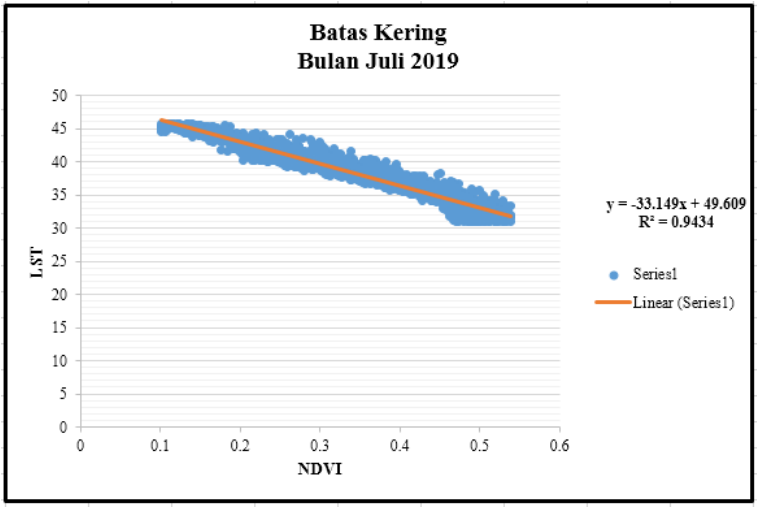


LST Bulan Oktober 2019

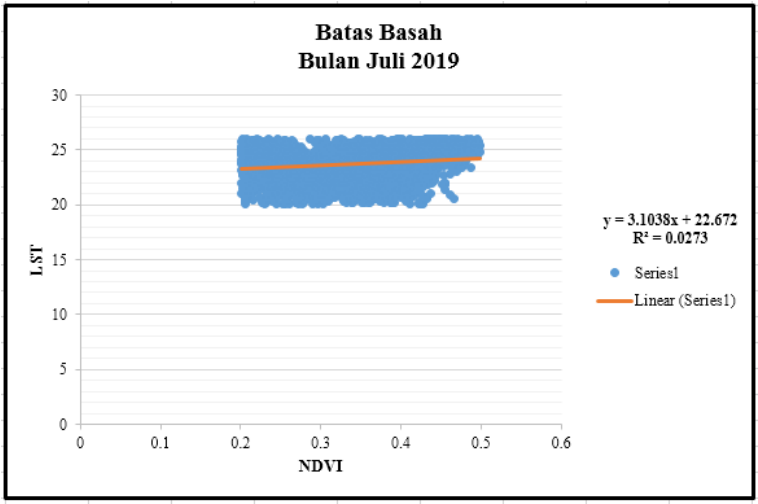


LST Bulan November 2019

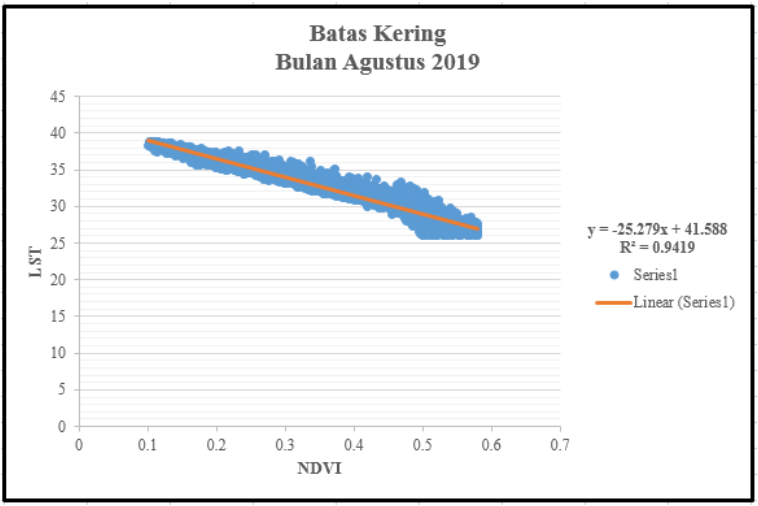
D. *Scatter Plot* Batas Basah dan Batas Kering



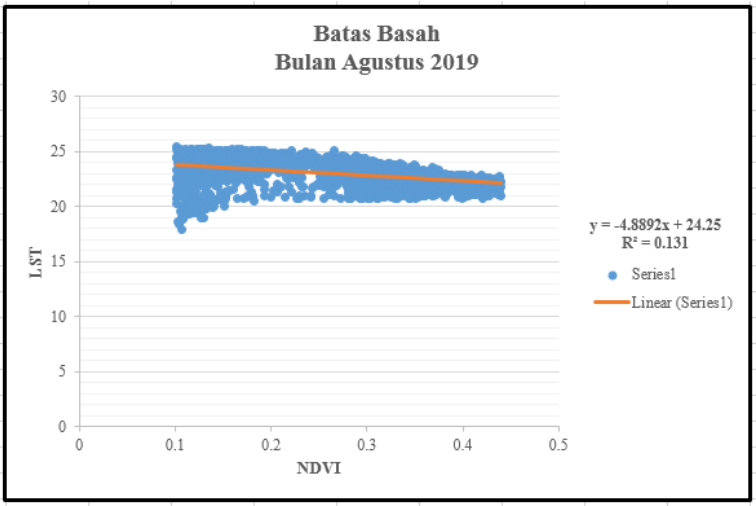
Scatterplot Batas Kering Bulan Juli 2019



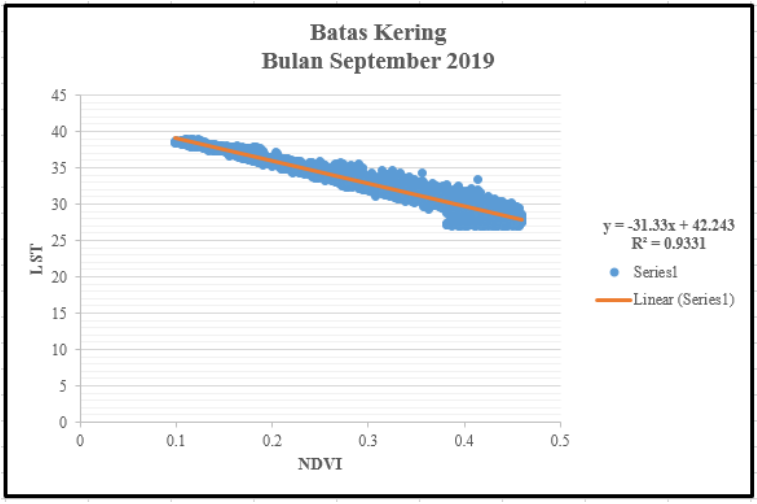
Scatterplot Batas Basah Bulan Juli 2019



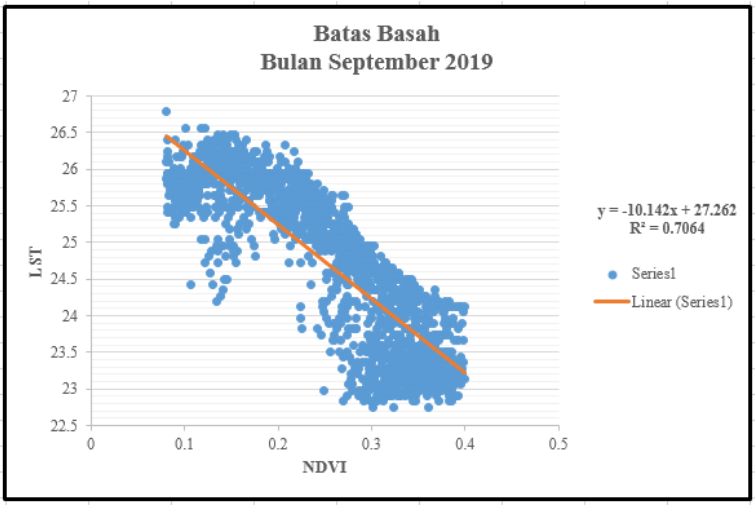
Scatterplot Batas Kering Bulan Agustus 2019



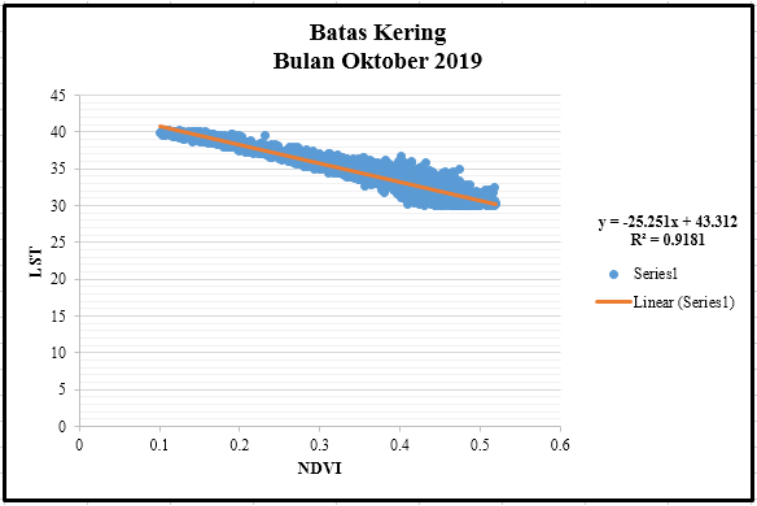
Scatterplot Batas Basah Bulan Agustus 2019



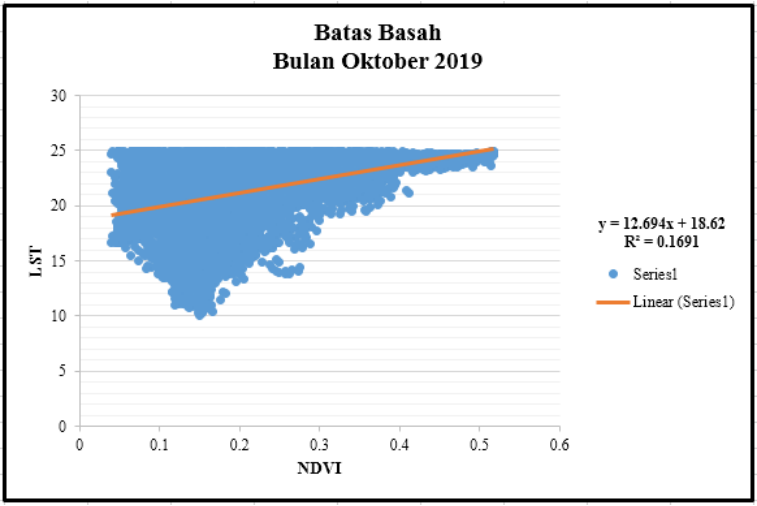
Scatterplot Batas Kering Bulan September 2019



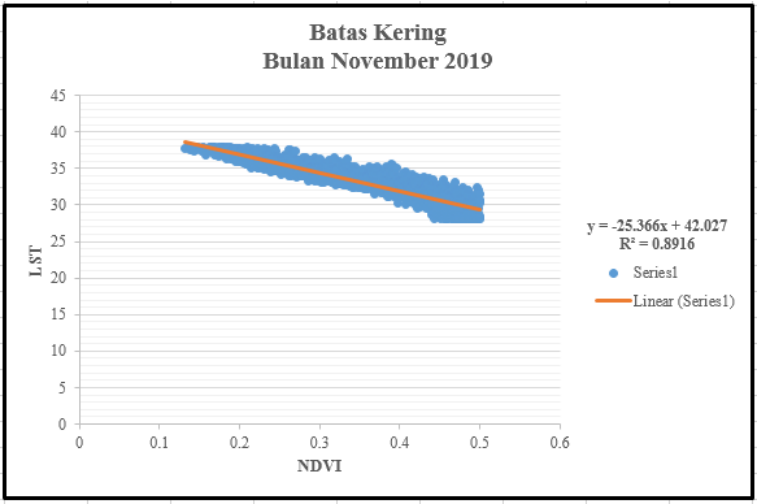
Scatterplot Batas Basah Bulan September 2019



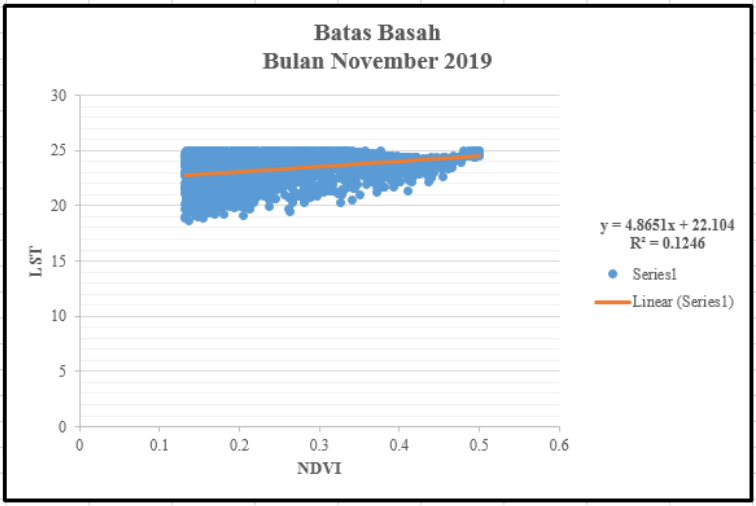
Scatterplot Batas Kering Bulan Oktober 2019



Scatterplot Batas Basah Bulan Oktober 2019

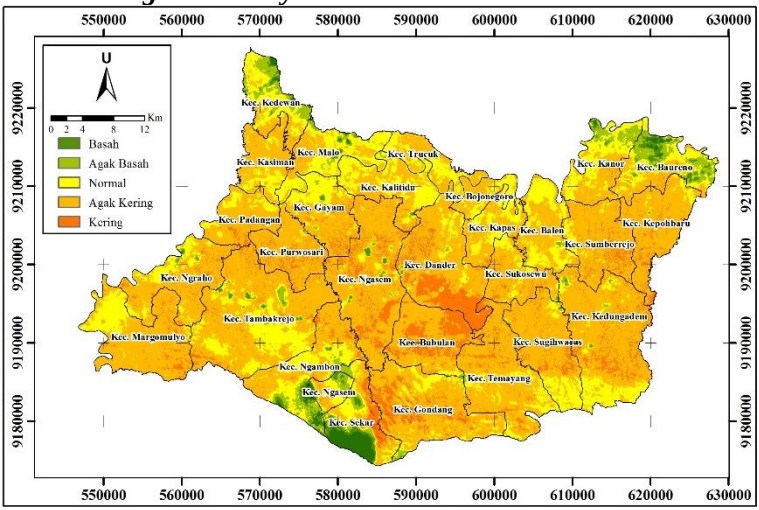


Scatterplot Batas Kering Bulan November 2019

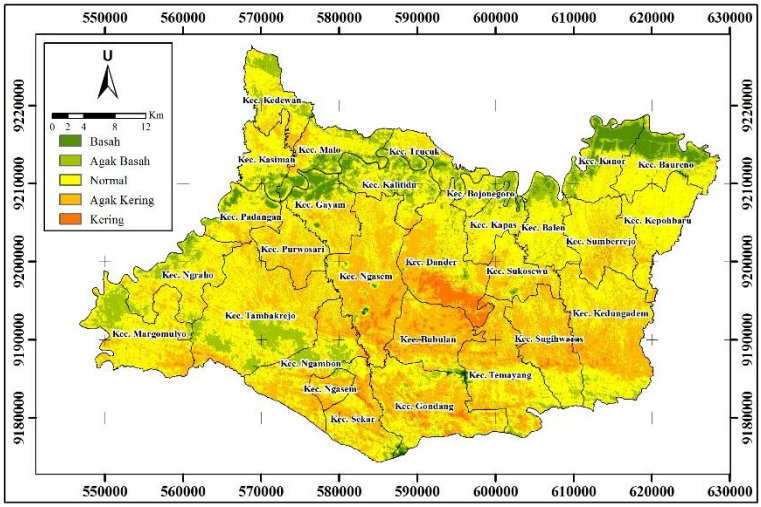


Scatterplot Batas Basah Bulan November 2019

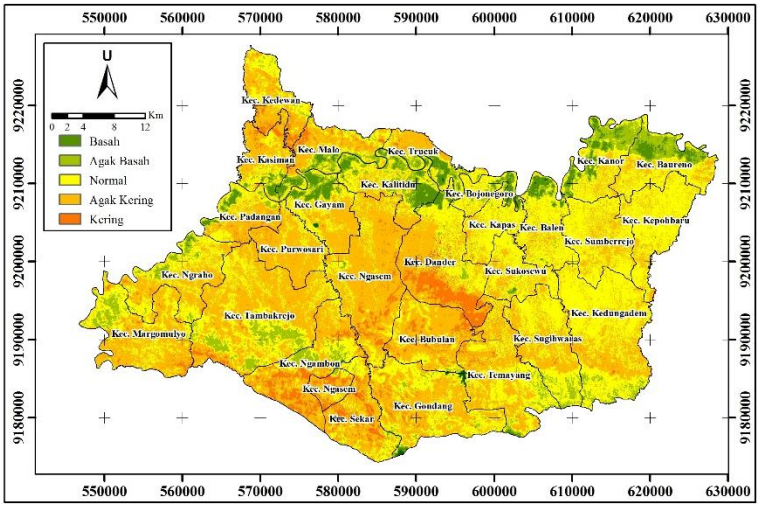
E. Thermal Vegetation Dryness Index



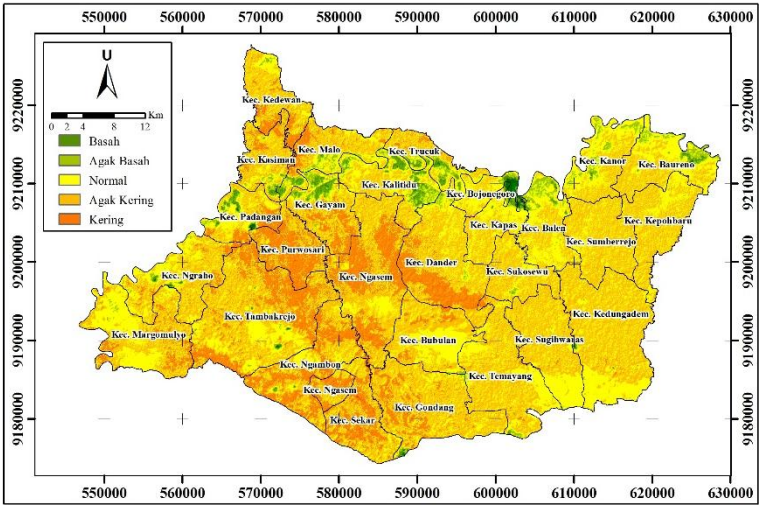
TVDI Bulan Juli 2019



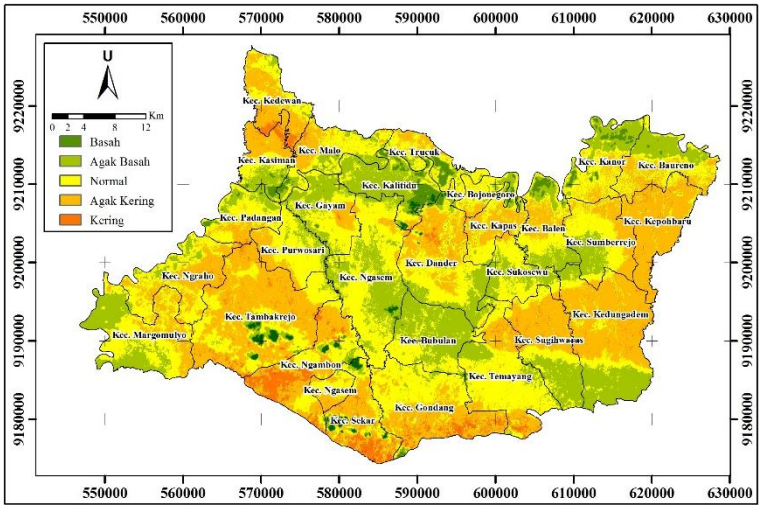
TVDI Bulan Agustus 2019



TVDI Bulan September 2019



TVDI Bulan Oktober 2019



TVDI Bulan November 2019

F. Dokumentasi

Setting alat Kamera *Infrared*

Pengambilan Data Kamera *Infrared* Kecamatan Kalitidu

Titik Sampel I.4 (597795; 9207220)

Titik Sampel I.11 (582199; 9212020)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS

Penulis lahir di Kediri, 5 September 1997, merupakan anak pertama dari tiga bersaurdara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Baitul Muttaqiin Banjaranya, SD Negeri Jambean III, SMP Negeri 1 Ngadiluwih, dan SMA Negeri 4 Kota Kediri. Setelah lulus dari SMA, penulis memilih melanjutkan studi S-1 dengan mengikuti program SNMPTN dan diterima di Departemen Teknik Geomatika – Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian, Institut Teknologi Sepuluh November pada tahun 2016 terdaftar dengan NRP 033 1 16 4000 0023. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di beberapa organisasi yang ada di lingkungan kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis menjadi Staff Depatemen Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Geomatika-ITS pada tahun 2018 serta Anggota Badan Perwakilan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Geomatika pada tahun 2019. Selain itu, penulis juga aktif dalam kegiatan pengembangan minat dan bakat pada Unit Kegiatan Tari dan Karawitan ITS. Beberapa kegiatan kemahasiswaan yang diikuti penulis antara lain SUT Culture Night 2017, KM ITS for Lombok, serta kegiatan pelatihan manajerial mulai tingkat Pra-Dasar hingga tingkat Dasar.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”