

SKRIPSI

**PEMETAAN VARIASI KEKERINGAN DI DAERAH
ALIRAN SUNGAI TANGKA DENGAN
MENGUNAKAN *PLATFORM*
*GOOGLE EARTH ENGINE***

Oleh :

**ERLANGGA PRATAMA NASIR
M011191226**



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2024

SKRIPSI

**PEMETAAN VARIASI KEKERINGAN DI DAERAH
ALIRAN SUNGAI TANGKA DENGAN
MENGUNAKAN *PLATFORM*
*GOOGLE EARTH ENGINE***

Oleh :

**ERLANGGA PRATAMA NASIR
M011191226**



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pemetaan Variasi Kekeringan Di Daerah Aliran Sungai
Tangka Dengan Menggunakan Platform *Google Earth*
Engine
Nama Mahasiswa : Erlangga Pratama Nasir
Stambuk : M011 19 1226

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Kehutanan
pada
Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin

Menyetujui :

Komisi Pembimbing

Pembimbing I



Dr. Ir. Roland A. Barkey
NIP. 19540614198103 1 007

Pembimbing II



Chairil A., S.Hut., M.Hut
NIP. 19940221202101 5 001

Mengetahui

Ketua Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin



Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P.
NIP. 19680410199512 2 001

Tanggal Lulus : 5 Januari 2024

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang Bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Erlangga Pratama Nasir

NIM : M011191226

Program Studi : Kehutanan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya yang berjudul :

“Pemetaan Variasi Kekeringan Di Daerah Aliran Sungai Tangka Dengan Menggunakan Platform Google Earth Engine”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 20 Januari 2024

Yang Menyatakan



Erlangga Pratama Nasir

ABSTRAK

Erlangga Pratama Nasir (M0111911226). Pemetaan Variasi Kekeringan Di Daerah Aliran Sungai Tangka Dengan Menggunakan Platform *Google Earth Engine* di bawah bimbingan Roland Alexander Barkey dan Chairil A.

GEE digunakan sebagai perangkat berbasis data skala *petabyte* yang dapat difungsikan untuk analisis dan arsip data geospasial. Hal yang mendasari penggunaan GEE sebagai *platform* geospasial komputasi adalah kemudahan yang dimiliki oleh GEE, seperti akses data skala besar tanpa perlu melakukan proses unduh, modifikasi algoritma yang mudah dilakukan dan kecepatan waktu dalam pengolahan data. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemetaan variasi tingkat kekeringan dan curah hujan dalam rentang waktu 11 tahun pada DAS Tangka dengan memanfaatkan platform *cloud computing Google Earth Engine*. Hasil perhitungan nilai indeks kekeringan dengan menggunakan platform Google Earth Engine menunjukkan bahwa dalam rentang waktu 11 tahun, wilayah DAS Tangka didominasi oleh wilayah dengan tingkat kekeringan rendah. Selain itu, analisis perhitungan rata-rata nilai kekeringan menunjukkan perubahan luas wilayah kekeringan setiap tahunnya. Data rata-rata curah hujan CHIRPS yang diperoleh dari GEE juga menunjukkan variabilitas curah hujan yang ada di DAS Tangka, dan curah hujan yang turun di DAS Tangka tidak merata di setiap wilayah. Penggunaan platform *cloud computing* seperti Google Earth Engine untuk analisis temporal sangat efisien. Pemrosesan data yang dilakukan untuk penyiapan citra Landsat yang menggunakan puluhan citra untuk tiap tahunnya, perhitungan nilai indeks dan rata-rata curah hujan selama satu tahun dapat diproses dengan cepat dan secara signifikan mengurangi waktu yang dibutuhkan dalam analisis.

Kata Kunci : Google Earth Engine, DAS Tangka, Kekeringan, Curah Hujan

ABSTRACT

Erlangga Pratama Nasir (M0111911226). Mapping Drought Variations in the Tangka River Watershed Using the Google Earth Engine Platform under the guidance of Roland Alexander Barkey and Chairil A.

GEE is used as a petabyte-scale data-based tool that can be used for geospatial data analysis and archiving. The underlying reason for using GEE as a computational geospatial platform is the ease of access to large-scale data without the need to download, easy modification of algorithms and the speed of time in data processing. This study aims to analyze the mapping of variations in the level of drought and rainfall in a span of 11 years in the Tangka watershed by utilizing the Google Earth Engine cloud computing platform. The results of the calculation of the drought index value using the Google Earth Engine platform show that in a span of 11 years, the Tangka watershed area is dominated by areas with low drought levels. In addition, the analysis of the calculation of the average drought value shows changes in the area of drought each year. The average CHIRPS rainfall data obtained from GEE also shows the variability of rainfall in the Tangka watershed, and the rainfall that falls in the Tangka watershed is not evenly distributed in each region. The use of cloud computing platforms such as Google Earth Engine for temporal analysis is very efficient. The data processing done for Landsat image preparation, which uses dozens of images for each year, the calculation of index values and average rainfall for one year can be processed quickly and significantly reduces the time required for analysis.

Keywords : Google Earth Engine, Tangka Watershed, Drought, Rainfall

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala pertolongan, rahmat dan hidayah-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pemetaan Variasi Kekeringan Di Daerah Aliran Sungai Tangka Dengan Menggunakan Platform Google Earth Engine**”. Terdapat berbagai hambatan serta tantangan yang penulis hadapi dalam penyelesaian penelitian ini, namun berkat bantuan dan dukungan serta motivasi dari semua pihak, skripsi ini dapat dirampungkan dengan baik.

Penelitian ini bertujuan untuk menggali dan menganalisis bagaimana tingkat kekeringan yang terjadi dengan menggunakan pengukuran skoring indeks kekeringan menggunakan platform *cloud computing*. Dengan harapan penelitian ini dapat memberikan kontribusi pemahaman yang lebih mendalam terkait permasalahan ini.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih untuk orang tua yang tercinta, Bapak **Dr. Muhammad Nasir, S.E., M.Si.** dan Ibu **Nani Rahim., A.Md.** yang selama ini tak henti-hentinya mendoakan dan memberikan motivasi dan dukungan moral di setiap langkah saya.

Penulis juga ingin menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan kontribusi dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih penulis ucapkan kepada **Dr. Ir. Roland Alexander Barkey** selaku pembimbing pertama dan **Chairil A., S.Hut., M.Hut** selaku pembimbing kedua yang senantiasa meluangkan waktu serta telah memberikan arahan, masukan dan bimbingan yang sangat berharga.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. **Ir. Munajat Nursaputra., S.Hut., M.Sc., IPM** dan **Dr. Ir. Baharuddin., MP** selaku tim penguji yang telah banyak memberikan arahan, saran dan masukan bagi penulis untuk menyempurnakan penelitian ini.
2. Ketua Departemen Kehutanan Universitas Hasanuddin, **Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si., IPU** dan Dosen Pembimbing Akademik **Prof. Dr. Ir. Syamsu Alam., MS** beserta seluruh **Dosen** dan **Staf Pegawai** Departemen

Kehutanan Universitas Hasanuddin atas segala arahan dan bantuan teknisnya.

3. Segenap Keluarga **Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan**, terima kasih atas dukungan moral, bantuan teknis. serta motivasi yang telah diberikan kepada penulis.
4. Teman-teman **Magang Mandiri DLH Pare-pare** yang selama ini telah menghibur dan memberikan dukungan serta semangat untuk menyelesaikan skripsi penelitian ini.
5. Teman-teman Program Studi Kehutanan Angkatan 2019 “**Olympus 19**”. Terima kasih atas 4 tahun yang mengesankan.
6. Serta **pihak-pihak yang telah membantu** dalam penelitian maupun penyelesaian skripsi ini. Semoga Allah SWT memberikan rahmat dan keberkahan serta membalas kebaikannya.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kesalahan serta kekurangan dari penelitian ini, sehingga penulis mengharapkan masukan, saran, dan kritik dari semua pihak. Akhir kata, penulis berharap skripsi penelitian ini dapat memberikan manfaat baik bagi pihak yang membaca maupun bagi pengembangan ilmu pengetahuan kehutanan di masa yang akan datang.

Makassar, Januari 2024

Erlangga Pratama Nasir

DAFTAR ISI

	Halaman
SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan dan Kegunaan Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Kekeringan.....	4
2.2. Sistem Informasi Geografis.....	5
2.2.1 Penginderaan Jauh.....	6
2.2.2 Landsat 8 OLI/TIRS <i>Surface Reflectance</i>	8
2.3. <i>Google Earth Engine</i>	10
2.3.1. Sistem Arsitektur <i>Google Earth Engine</i>	12
2.3.2. <i>Javascript Google Earth Engine</i>	14
2.3.3. Penerapan Sistem <i>JavaScript</i> di <i>Google Earth Engine</i>	15
2.4. Pemetaan Kekeringan.....	17
2.5. Curah Hujan.....	18
2.5.1. Klasifikasi Iklim Mohr.....	19
2.6. Pengolahan Citra.....	19
2.6.1. <i>Normalized Difference Vegetation Index</i>	20
2.6.2. <i>Normalized Difference Water Index</i>	21
2.6.3. <i>Normalized Difference Drought Index</i>	22

III. METODE PENELITIAN	25
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	26
3.2.1. Alat	26
3.2.2. Bahan.....	26
3.3. Prosedur Analisis Penelitian.....	26
3.4. Penyiapan Data.....	27
3.4.1. <i>Cloud Masking</i>	27
3.4.2. <i>Scaling Factors</i>	28
3.4.3. Menampilkan dan Memotong Citra	28
3.5. Pengolahan Citra	29
3.5.1. Perhitungan Nilai <i>Normalized Difference Vegetation Index</i>	29
3.5.2. Perhitungan Nilai <i>Normalized Difference Water Index</i>	30
3.5.3. Perhitungan Nilai <i>Normalized Difference Drought Index</i>	32
3.6. Pengolahan Data Curah Hujan CHIRPS <i>Daily</i>	33
3.6.1. Pengolahan Data CHIRPS Dan Pemetaan Curah Hujan.....	33
3.6.2. Penentuan Tipe Curah Hujan Menurut Schimdt-Ferguson.....	35
3.7. Analisis Tingkat Kekeringan.....	36
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Penyiapan Data Citra.....	38
4.1.1. <i>Cloud Masking</i>	38
4.1.2. <i>Scaling Factors</i>	39
4.1.3. Pemanggilan Citra.....	40
4.2. Analisis <i>Normalized Difference Vegetation Index</i>	42
4.3. Analisis <i>Normalized Difference Water Index</i>	46
4.4. Analisis <i>Normalized Difference Drought Index</i>	49
4.5. Curah Hujan CHIRPS	53
4.6. Luas Kekeringan Pada Desa.....	59
V. KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1. Kesimpulan.....	62
5.2. Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63

LAMPIRAN..... 71

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Daftar Band pada Landsat 8 Surface Reflectance (Engine, 2023a).....	9
Tabel 2.	Klasifikasi Curah Hujan (Klimatologi (Suatu Pengantar), 2009).....	18
Tabel 3.	Klasifikasi Iklim Menurut Mohr (Indayanti, 2009).	19
Tabel 4.	Klasifikasi Nilai NDVI (Bashit <i>et al.</i> , 2022)	29
Tabel 5.	Klasifikasi Nilai NDWI (Bashit <i>et al.</i> , 2022).....	31
Tabel 6.	Klasifikasi Nilai NDDI (Nepal <i>et al.</i> , 2021).....	32
Tabel 7.	Klasifikasi Curah Hujan (Primayuda, 2006).....	35
Tabel 8.	Klasifikasi Tipe Curah Hujan (Sumartika, 2017).	36
Tabel 9.	Jumlah Citra Yang Digunakan.....	41
Tabel 10.	Luasan rata-rata kehijauan tahun 2013 – 2023.	44
Tabel 11.	Luasan rata-rata kebasahan tahun 2013-2023.....	48
Tabel 12.	Luasan rata-rata kekeringan tahun 2013 – 2023.....	52
Tabel 13.	Jumlah Rata-rata Bulan Kering dan Bulan Basah.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	<i>Code Editor</i> GEE	11
Gambar 2.	Diagram sistem yang disederhanakan (Gorelick et al., 2017).....	12
Gambar 3.	<i>Javascript Code Editor</i>	16
Gambar 4.	Contoh Skrip yang disediakan oleh GEE.....	17
Gambar 5.	Alur Penelitian Pemetaan Kekeringan	24
Gambar 6.	Lokasi Penelitian.	25
Gambar 7.	Skrip <i>Cloud Masking</i> (Mutinda, 2023)	27
Gambar 8.	Skrip <i>Scaling Factors</i> (Engine, 2023a)	28
Gambar 9.	Skrip Citra dan Clip (Engine, 2023e).....	28
Gambar 10.	Skrip NDVI (Engine, 2023d, Calekochenour, 2020, Corinnar, 2018, Igwe, 2023)	30
Gambar 11.	Skrip NDWI (Engine, 2023d, Calekochenour, 2020, Corinnar, 2018, Igwe, 2023)	31
Gambar 12.	Skrip NDDI (Engine, 2023d, Calekochenour, 2020, Corinnar, 2018, Igwe, 2023)	33
Gambar 13.	Skrip Curah Hujan CHIRPS (Geoaccess, 2023)	33
Gambar 14.	Skrip Grafik Curah Hujan rata-rata harian CHIRPS (Geoaccess, 2023).	34
Gambar 15.	Skrip Koordinat Stasiun Curah Hujan (Geoaccess, 2023)	34
Gambar 16.	Skrip Perhitungan Curah Hujan Total Tahunan	35
Gambar 17.	Skrip Cloud Masking	38
Gambar 18.	Skrip Scaling Factors	39
Gambar 19.	Skrip Pemanggilan Citra	40
Gambar 20.	Hasil Running Skrip Penyiapan Citra	41
Gambar 21.	Skrip NDVI	42
Gambar 22.	Hasil Running Skrip rata-rata NDVI.....	43
Gambar 23.	Skrip Export Image NDVI	44
Gambar 24.	Skrip NDWI	46
Gambar 25.	Hasil Running Skrip rata-rata NDWI.....	47

Gambar 26. Skrip <i>Export Image</i> NDWI	47
Gambar 27. Skrip NDDI	50
Gambar 28. Hasil Running Skrip Rata-Rata NDDI	51
Gambar 29. Skrip penyiapan dataset CHIRPS.....	53
Gambar 30. Skrip Grafik Curah Hujan CHIRPS	54
Gambar 31. Skrip Koordinat Stasiun Curah Hujan.....	55
Gambar 32. Skrip Perhitungan Curah Hujan Tahunan.	55
Gambar 33. Skrip Untuk Menampilkan Dan Mengekspor Curah Hujan.....	56
Gambar 34. Rata-Rata Curah Hujan Bulanan DAS Tangka Tahun 2013-2023 ...	57
Gambar 35. Tipe Bulan Curah Hujan DAS Tangka	57
Gambar 36. Grafik Perbandingan Luas Rata-Rata Tingkat Kekeringan dan Curah Hujan DAS Tangka.	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Peta Tingkat Kehijauan Tahun 2013.	71
Lampiran 2.	Peta Tingkat Kehijauan Tahun 2014.	71
Lampiran 3.	Peta Tingkat Kehijauan Tahun 2015.	72
Lampiran 4.	Peta Tingkat Kehijauan Tahun 2016.	72
Lampiran 5.	Peta Tingkat Kehijauan Tahun 2017.	73
Lampiran 7.	Peta Tingkat Kehijauan Tahun 2019.	74
Lampiran 8.	Peta Tingkat Kehijauan Tahun 2020.	74
Lampiran 9.	Peta Tingkat Kehijauan Tahun 2021.	75
Lampiran 10.	Peta Tingkat Kehijauan Tahun 2022.	75
Lampiran 11.	Peta Tingkat Kehijauan Tahun 2023.	76
Lampiran 12.	Peta Tingkat Kebasahan Tahun 2013.	76
Lampiran 13.	Peta Tingkat Kebasahan Tahun 2014.	77
Lampiran 14.	Peta Tingkat Kebasahan Tahun 2015.	77
Lampiran 15.	Peta Tingkat Kebasahan Tahun 2016.	78
Lampiran 16.	Peta Tingkat Kebasahan Tahun 2017.	78
Lampiran 17.	Peta Tingkat Kebasahan Tahun 2018.	79
Lampiran 18.	Peta Tingkat Kebasahan Tahun 2019.	79
Lampiran 19.	Peta Tingkat Kebasahan Tahun 2020.	80
Lampiran 20.	Peta Tingkat Kebasahan Tahun 2021.	80
Lampiran 21.	Peta Tingkat Kebasahan Tahun 2022.	81
Lampiran 22.	Peta Tingkat Kebasahan Tahun 2023.	81
Lampiran 23.	Peta Tingkat Kekeringan Tahun 2013.	82
Lampiran 24.	Peta Tingkat Kekeringan Tahun 2014.	82
Lampiran 25.	Peta Tingkat Kekeringan Tahun 2015.	83
Lampiran 26.	Peta Tingkat Kekeringan Tahun 2016.	83
Lampiran 27.	Peta Tingkat Kekeringan Tahun 2017.	84
Lampiran 28.	Peta Tingkat Kekeringan Tahun 2018.	84
Lampiran 29.	Peta Tingkat Kekeringan Tahun 2019.	85
Lampiran 30.	Peta Tingkat Kekeringan Tahun 2020.	85

Lampiran 31. Peta Tingkat Kekeringan Tahun 2021.	86
Lampiran 32. Peta Tingkat Kekeringan Tahun 2022.	86
Lampiran 33. Peta Tingkat Kekeringan Tahun 2023.	87
Lampiran 34. Peta Total Curah Hujan Tahun 2013.	87
Lampiran 35. Peta Total Curah Hujan Tahun 2014.	88
Lampiran 36. Peta Total Curah Hujan Tahun 2015.	88
Lampiran 37. Peta Total Curah Hujan Tahun 2016.	89
Lampiran 38. Peta Total Curah Hujan Tahun 2017.	89
Lampiran 39. Peta Total Curah Hujan Tahun 2018.	90
Lampiran 40. Peta Total Curah Hujan Tahun 2019.	90
Lampiran 41. Peta Total Curah Hujan Tahun 2020.	91
Lampiran 42. Peta Total Curah Hujan Tahun 2021.	91
Lampiran 43. Peta Total Curah Hujan Tahun 2022.	92
Lampiran 44. Peta Total Curah Hujan Tahun 2023.	92
Lampiran 45. Luas Kekeringan Pada Wilayah Desa Tahun 2013.	93
Lampiran 46. Luas Kekeringan Pada Wilayah Desa Tahun 2014.	94
Lampiran 47. Luas Kekeringan Pada Wilayah Desa Tahun 2015.	96
Lampiran 48. Luas Kekeringan Pada Wilayah Desa Tahun 2016.	98
Lampiran 49. Luas Kekeringan Pada Wilayah Desa Tahun 2017.	100
Lampiran 50. Luas Kekeringan Pada Wilayah Desa Tahun 2018.	101
Lampiran 51. Luas Kekeringan Pada Wilayah Desa Tahun 2019.	103
Lampiran 52. Luas Kekeringan Pada Wilayah Desa Tahun 2020.	105
Lampiran 53. Luas Kekeringan Pada Wilayah Desa Tahun 2021.	107
Lampiran 54. Luas Kekeringan Pada Wilayah Desa Tahun 2022.	108
Lampiran 55. Luas Kekeringan Pada Wilayah Desa Tahun 2023.	110
Lampiran 56. Skrip Kekeringan <i>Google Earth Engine</i>	112
Lampiran 57. Skrip Curah Hujan Google Earth Engine	115

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Platform komputasi *cloud* saat ini merupakan cara yang efisien untuk menyimpan, mengakses serta menganalisis kumpulan data pada server yang sangat kuat. Sistem ini menyediakan platform, layanan penyimpanan dan paket perangkat lunak dalam berbagai cara untuk pengguna (Tsai et al., 2018). Alat komputasi yang canggih diperlukan untuk mendukung penelitian serta analisis penginderaan jauh, salah satunya adalah *Google Earth Engine* (GEE) yang merupakan teknologi cloud computing terkini dengan jutaan server yang digunakan di seluruh dunia. GEE dapat digunakan untuk melakukan analisis penginderaan jauh (Dong et al., 2016).

GEE merupakan portal web yang menyediakan citra satelit seri waktu global dan data vektor, cloud computing, serta akses ke perangkat lunak dan algoritma untuk memproses data. GEE memiliki repositori data yang terdiri dari berbagai kumpulan data citra satelit lebih dari 40 tahun terakhir untuk seluruh dunia, dengan banyak lokasi yang memiliki data pengulangan dua minggu untuk seluruh periode, dan juga koleksi data harian dan sub-harian yang cukup besar. GEE sudah digunakan secara luas di berbagai bidang termasuk ilmu lingkungan, penginderaan jauh, dan agrikultur (Kumar et al., 2018).

GEE digunakan sebagai perangkat berbasis data skala *petabyte* yang dapat difungsikan untuk analisis dan arsip data geospasial. GEE dibuat sebagai infrastruktur komputasi untuk pengolahan dan analisis data geospasial dari citra satelit (Amani et al., 2020). Hal yang mendasari penggunaan GEE sebagai *platform* geospasial komputasi yaitu dengan kemudahan yang dimiliki pada *platform* tersebut, seperti akses data skala besar tanpa perlu melakukan proses unduh, modifikasi algoritma pemrograman yang mudah dilakukan dan kecepatan waktu yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data (Sidhu et al., 2018).

Curah hujan merupakan jumlah air hujan yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) diatas permukaan horizontal bila tidak terjadi evaporasi (Kasni, 2021). Di Indonesia, hujan turun secara tidak merata meskipun pada umumnya hujan terjadi di seluruh wilayah negeri. Ada daerah yang lebih mendapatkan curah hujan dan ada pula daerah yang kurang mendapatkan curah hujan. Kekeringan biasanya muncul bila suatu wilayah secara terus-menerus mengalami curah hujan di bawah rata-rata. Musim kemarau yang panjang akan menjadi bencana alam apabila menyebabkan suatu wilayah kehilangan sumber pendapatan akibat gangguan pada pertanian dan ekosistem yang ditimbulkannya (Andono et.al., 2017).

Daerah Aliran Sungai Tangka mencakup Tiga wilayah kabupaten yaitu Kabupaten Gowa, Kabupaten Sinjai, Dan Kabupaten Bone. Terdapat 47 desa dari ketiga kabupaten tersebut yang wilayahnya berada di area wilayah DAS Tangka, beberapa desa merupakan wilayah yang rawan mengalami kondisi kekeringan. Diantaranya adalah Desa Pattongko, Sinjai. Dilansir pada artikel Sulselsatu Agustus 2019 yang berjudul “Kemarau Panjang, petani di Sinjai cemas”, musim kemarau yang terjadi beberapa bulan terakhir mengakibatkan sejumlah petani di Dusun Pakka, Desa Pattongko, Kabupaten Sinjai, khawatir gagal panen akibat kekeringan. Dilansir juga dari video KompasTV (2019) yang berjudul “Ratusan hektar padi di Sinjai gagal panen akibat kekeringan”, sekitar 70 hektar sawah di desa Lamatti Riawang mengering karena tidak adanya pasokan air.

Selain dua desa ini, berdasarkan Katalog Desa/Kelurahan Rawan Kekeringan BNPB Tahun 2019, ada 20 desa lainnya dengan kondisi rawan bencana alam kekeringan tingkat sedang (BNPB, 2019). Pemilihan lokasi penelitian di Daerah Aliran Sungai Tangka karena sebagian desa/kelurahan dengan kondisi rawan kekeringan berada di DAS ini, serta untuk melihat tingkat kekeringan yang terjadi selama 11 tahun terakhir.

Kondisi iklim dan perubahannya, seperti pola kekeringan, dapat diamati melalui penginderaan jauh. Kebanyakan kekeringan memiliki luasan yang luas, dan satelit penginderaan jauh sangat efektif untuk

memantau kekeringan baik di tingkat regional maupun nasional (Khomarudin *et al.*, 2014). Platform GEE dapat digunakan untuk menghasilkan parameter indeks vegetasi dan indeks kebasahan untuk menghitung indeks kekeringan. Menurut Shaharum *et al* (2020), platform GEE memiliki kemampuan untuk mengontrol dan menyediakan berbagai pilihan, terutama untuk memilih metode pemrosesan, algoritma, dan input data.

Berdasarkan penjelasan diatas maka perlu dilakukan penelitian mengenai pemetaan kekeringan dan curah hujan tahunan di DAS Tangka yang dapat memberikan informasi mengenai variabilitas tingkat kekeringan tahunan, Dalam penelitian ini, penulis mengangkat judul “Pemetaan Variasi Kekeringan Di Daerah Aliran Sungai Tangka Dengan Menggunakan Platform *Google Earth Engine*”.

1.2. Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis pemetaan variasi tingkat kekeringan dan curah hujan dalam rentang waktu 11 tahun pada DAS Tangka dengan memanfaatkan platform *cloud computing Google Earth Engine*.

Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai bahan informasi dalam penggunaan platform GEE untuk mengukur tingkat kekeringan dengan menggunakan indeks NDDI, selain itu, data yang dihasilkan juga dapat digunakan sebagai informasi mengenai daerah yang teridentifikasi mengalami kekeringan di DAS Tangka sepanjang tahun 2013-2023.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kekeringan

Berdasarkan sejarah kejadian bencana di provinsi Sulawesi Selatan. Sejak tahun 2009 sampai tahun 2019, Bencana kekeringan berada di posisi ke-4 dengan jumlah kejadian sebanyak 85 kejadian. Dampak dari bencana kekeringan ini cukup krusial bagi masyarakat, karena bencana kekeringan ini dapat menyebabkan keterbatasan penyediaan air. Selain itu, kekeringan juga punya pengaruh besar terhadap fenomena gagal panen di sektor pertanian (BNPB, 2021).

Kekeringan dapat diartikan sebagai berkurangnya persediaan air atau kelembaban yang bersifat sementara dan terjadi secara signifikan di bawah normal atau volume yang diharapkan untuk jangka waktu tertentu. Kekeringan juga dapat didefinisikan sebagai keadaan dimana terjadinya kekurangan air di suatu daerah yang biasanya dikonotasikan dengan kekurangan air hujan (Raharjo, 2011). Kekeringan adalah satu dari sekian fenomena yang sering terjadi pada belahan bumi yang memiliki iklim monsoon tropis dan sangat sensitive terhadap anomaly iklim *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO) dan kekeringan dapat memberikan dampak negatif bagi suatu daerah (Rahman *et al.*, 2017).

Kekeringan merupakan fenomena alami yang terjadi karena efek samping dari fenomena pluralitas iklim. Keadaan ini bisa diawali dengan curah hujan yang lebih rendah dari rata-ratanya yang kemudian akan berpengaruh pada tingkat kelembaban tanah, debit sungai, air tanah, ekosistem dan kehidupan manusia secara keseluruhan. Kekeringan merupakan fenomena yang terjadi sementara dan merupakan bencana alam yang terjadi secara berulang yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang besar. Kekeringan merupakan fenomena yang tidak memungkinkan untuk dihindari, tetapi kesiapsiagaan untuk menghadapi kekeringan dapat ditingkatkan dan dampak dari kekeringan ini dapat diatasi (Smakhtin *et al.*, 2004).

Kekeringan merupakan salah satu bencana alam yang terjadi secara perlahan dan berlangsung lama hingga musim hujan tiba (Mujtahiddin, 2014). Perubahan iklim mengarah pada perubahan pola hujan yang dapat mengakibatkan pergeseran awal musim kemarau. Kondisi ini dapat menyebabkan musim kemarau berlangsung lebih lama dari kondisi normal. Dalam lingkup Daerah Aliran Sungai (DAS), semakin luas suatu DAS maka variabilitas hujan juga akan semakin tinggi. Hal ini dapat meningkatkan potensi kekeringan meteorologis (Auliyani et al, 2020).

AghaKouchak (2015) menjelaskan bahwa kekeringan secara luas diklasifikasikan menjadi empat kelompok termasuk meteorologi (defisit curah hujan), pertanian (defisit kelembaban tanah), hidrologi (defisit limpasan, air tanah, atau penyimpanan air total), dan sosial ekonomi (mempertimbangkan pasokan air, permintaan, dan respon sosial) kekeringan. Semua jenis kekeringan dapat dikaitkan dengan defisit curah hujan yang berkelanjutan. (AghaKouchak et al., 2015).

2.2. Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan sistem yang digunakan untuk memberikan bentuk digital dan analisis terhadap permukaan geografis bumi. SIG merupakan manajemen data spasial dan non-spasial yang berbasis komputer (Sugandi *et al.*, 2009). SIG diartikan sebagai sistem untuk menyimpan, memeriksa, menganalisis, dan memaparkan data yang berkaitan dengan semua ruang yang berhubungan dengan keadaan permukaan bumi (Awangga, 2017).

SIG memiliki sub sistem input data yang dapat menampung dan mengolah data spasial dari berbagai sumber, sub sistem ini juga berisi proses transformasi data spasial yang berbeda jenisnya. SIG mempunyai subsistem penyimpanan dan pemanggilan data yang memungkinkan data spasial untuk diedit dan diperbaharui, selain itu, SIG juga memiliki subsistem manipulasi dan analisis data yang menyajikan peran data, pengelompokan dan pemisahan, estimasi parameter dan hambatan serta fungsi permodelan. Serta memiliki subsistem pelaporan yang menyajikan

seluruh atau sebagian dari basis data dalam bentuk tabel, grafis dan peta (Wibowo *et al.*, 2015).

Pemanfaatan SIG merupakan salah satu cara dalam proses pemetaan, terutama untuk pemetaan kekeringan. Secara mendasar, pemahaman tentang konsep bencana menjadi dasar yang kuat dalam melakukan pemetaan risiko bencana yang dapat diaplikasikan kedalam Sistem Informasi Geografis (SIG) yang dapat ditampilkan secara spasial dan menghasilkan peta ancaman, peta kerentanan, peta kapasitas, dan peta risiko bencana (Wibisana, 2017).

Dalam penelitian kekeringan, SIG dapat digunakan untuk memproses data-data yang dibutuhkan untuk mengidentifikasi kekeringan di suatu wilayah (Raharjo, 2010). Data penginderaan jauh dapat menyediakan data permukaan bumi secara temporal dan aplikasi SIG dapat digunakan untuk menganalisis potensi kekeringan (Bashit *et al.*, 2022). Penerapan penginderaan jauh dan SIG dengan menggunakan citra satelit yang tersedia setiap hari, memeberikan potensi yang besar untuk mengembangkan sistem pemantauan kekeringan secara tepat waktu (Linés *et al.*, 2017).

2.2.1 Penginderaan Jauh

Arozaq M dalam Prayoga (2017) menjelaskan bahwa empat komponen dasar sistem penginderaan jauh adalah objek, sumber energi, saluran transmisi dan sensor. Komponen sistem ini bekerja sama untuk mengukur dan merekam informasi tentang objek tanpa menyentuh objek. Sumber daya yang memancarkan atau memancarkan energi elektromagnetik pada target adalah suatu keharusan. Energi berinteraksi dengan objek dan juga bertindak sebagai media untuk mengirimkan informasi dari objek ke sensor. Sensor adalah perangkat yang mengumpulkan dan menyimpan radiasi elektromagnetik. Setelah merekam, data dikirim ke stasiun penerima dan diproses menjadi format yang dapat digunakan, termasuk gambar. Gambar ini kemudian diinterpretasikan untuk mengekstraksi informasi tentang objek tersebut. Proses interpretasi biasanya

kombinasi visual dan otomatis menggunakan komputer dan perangkat lunak pengolah gambar (Prayoga, 2017).

Matahari merupakan sumber energi alam yang paling penting. Energi matahari memancar ke segala arah, sebagian ke bumi. Energi yang diarahkan ke bumi sebagian tetap berada di atmosfer dan isinya saat mencapai permukaan bumi dan mengenai benda. Objek di permukaan bumi menyerap sebagian energi ini, mengirimkannya (melalui objek) dan memantulkannya kembali ke sensor. Sistem penginderaan jauh membutuhkan sumber energi alami dan buatan. Energi ini berupa spektrum elektromagnetik, yang meliputi sinar kosmik, sinar gamma, sinar-X, ultraviolet, cahaya tampak, inframerah, gelombang mikro, dan gelombang radio. Jumlah keseluruhan spektrum disebut spektrum elektromagnetik (Prayoga, 2017).

Penginderaan jauh yang merupakan teknik perekaman data menggunakan sensor untuk mendeteksi dan merekam obyek yang ada di permukaan bumi. Sensor dipasang pada wahana (platform) dan letaknya jauh dari obyek yang diamati, maka diperlukan tenaga elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh obyek tersebut. Sensor terbatas kemampuannya untuk mengidentifikasi obyek kecil. Batas kemampuan memisahkan setiap obyek dinamakan resolusi. Resolusi citra satelit merupakan indikator tentang kemampuan sensor atau kualitas sensor dalam merekam obyek. Resolusi satelit terbagi menjadi lima, yang biasa digunakan sebagai parameter kemampuan sensor satelit adalah (Purwadhi, 2001):

a) Resolusi Spasial

Merupakan ukuran obyek terkecil yang masih dapat disajikan, dibedakan dan dikenali pada citra. Semakin kecil ukuran obyek yang dapat terekam, maka semakin baik kualitas sensornya.

b) Resolusi Spektral

Merupakan daya pisah obyek berdasarkan besarnya spectrum elektromagnetik yang digunakan untuk perekaman data.

c) Resolusi Radiometrik

Kemampuan sistem sensor untuk mendeteksi perbedaan pantulan terkecil kekuatan sinyal.

d) Resolusi Temporal

Perbedaan kenampakan yang masih dapat dibedakan dalam waktu perekaman ulang

e) Resolusi Termal

Yaitu keterbatasan sensor penginderaan jauh yang merekam pancaran tenaga termal atau perbedaan suhu yang masih dapat dibedakan oleh sensor penginderaan jauh secara termal.

2.2.2 Landsat 8 OLI/TIRS *Surface Reflectance*

Landsat 8 diluncurkan pada tanggal 11 Februari 2013. Satelit landsat ini memiliki resolusi spasial yang lebih baik dan kepekaan terhadap kecerahan dan warna yang lebih besar dibandingkan dengan satelit landsat sebelumnya (Acharya *et al.*, 2015). Landsat 8 mengusung dua instrument baru yaitu *The Operational Land Imager (OLI)* dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*. OLI merupakan sensor push-broom dengan teleskop empat cermin yang mengumpulkan data pada gelombang inframerah serta pita pankromatik. Dua band spektral baru juga ditambahkan, band 1 dapat digunakan untuk studi perairan pantai dan aerosol, dan band 9 dapat digunakan untuk mendeteksi awan cirrus. Band QA juga ditambahkan untuk menunjukkan keberadaan bayangan, artefak data dan awan (Acharya *et al.*, 2015).

Surface Reflectance (SR) meningkatkan perbandingan antara beberapa gambar di wilayah yang sama dengan memperhitungkan efek atmosfer seperti hamburan aerosol dan awan tipis, yang dapat membantu dalam mendeteksi dan mengkarakterisasi perubahan permukaan Bumi. Pantulan permukaan adalah jumlah cahaya yang dipantulkan oleh permukaan bumi. Reflektansi permukaan adalah rasio dari pancaran permukaan terhadap radiasi permukaan, dan dengan demikian tidak memiliki satuan (USGS, 2023). Karakteristik Landsat 8 *Surface Reflectance* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Daftar Band pada Landsat 8 Surface Reflectance (Engine, 2023a).

Nama	Min	Max	Scale	Panjang Gelombang (µm)	Deskripsi
SR_B1	1	65455	2.75 e-05	0.435-0.451 µm	Band 1 (ultra blue, coastal aerosol) surface reflectance
SR_B2	1	65455	2.75 e-05	0.452-0.512 µm	Band 2 (blue) surface reflectance
SR_B3	1	65455	2.75 e-05	0.533-0.590 µm	Band 3 (green) surface reflectance
SR_B4	1	65455	2.75 e-05	0.636-0.673 µm	Band 4 (red) surface reflectance
SR_B5	1	65455	2.75 e-05	0.851-0.879 µm	Band 5 (near infrared) surface reflectance
SR_B6	1	65455	2.75 e-05	1.566-1.651 µm	Band 6 (shortwave infrared 1) surface reflectance
SR_B7	1	65455	2.75 e-05	2.107-2.294 µm	Band 7 (shortwave infrared 2) surface reflectance
SR_QA_AEROSOL	1	65455	2.75 e-05	-	Aerosol attributes

2.3. *Google Earth Engine*

Google Earth Engine (GEE) adalah platform komputasi *cloud* yang diluncurkan oleh *Google* pada tahun 2010. GEE menggunakan struktur komputasi *Google* dan memberikan akses terbuka untuk dataset penginderaan jauh. GEE adalah platform pemrosesan data geografis besar yang populer, memfasilitasi proses penelitian dengan memberikan pengguna akses gratis ke berbagai kumpulan data penginderaan jauh. Pengguna dapat mengakses GEE melalui *Application Programming Interface* (API) berbasis internet dan *Interactive Development Environment* berbasis web. Selain itu, pengguna tidak perlu memiliki keahlian dalam pemrograman web untuk menggunakan GEE. GEE memiliki fitur pemrosesan parallel otomatis dan platform komputasi yang cepat untuk secara efektif menangani pemrosesan data yang besar (Tsai et al., 2018).

GEE merupakan platform yang praktis, pengguna tidak perlu mengunduh kumpulan data yang tersedia di dalam GEE untuk menggunakannya atau memasang *software* apa pun untuk melakukan tugas pemrosesan yang tersedia di GEE. Platform ini juga berisi berbagai algoritma bawaan, seperti algoritma klasifikasi, untuk menganalisis data pada skala planet dan juga membantu para ilmuwan untuk mengembangkan algoritma mereka sendiri dengan sedikit usaha dari sebelumnya (Tsai et al., 2018).

Didalam GEE terdapat platform *Earth Engine Code Editor*. Platform ini dibuat untuk memproses data ukuran besar menggunakan Bahasa pemrograman *JavaScript* dan untuk mengembangkan pengembangan *Earth Engine*. Didalam *Earth Engine Code Editor*, terdapat beberapa elemen seperti *Code Editor*, *Map*, *Layer manager*, *Geometry tools*, dan beberapa tab termasuk *Script*, *Docs*, *Assets*, *Inspector*, *Console*, dan *Tasks* (Amani et al., 2020).



Gambar 1. *Code Editor* GEE

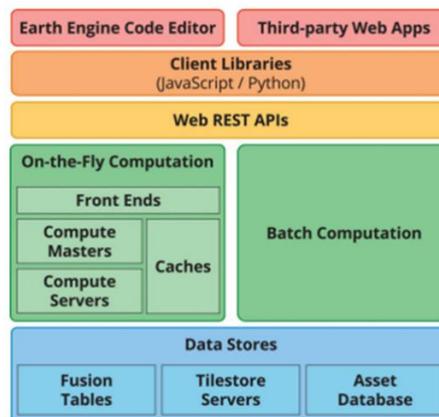
Bagian *Code Editor* merupakan tempat pengguna untuk menulis skrip kode *JavaScript*. GEE akan memproses setiap kode yang tertulis dan kemudian mengilustrasikan hasilnya dengan bentuk gambar di panel *Map* atau mengeluarkan hasilnya dalam bentuk tulisan di tab *Console*. Hampir sama dengan *Earth Engine Explorer*, pengguna dapat mengatur parameter visualisasi yang dapat diatur dari *Layer manager* di dalam *Code Editor*. Dalam tab *Script*, terdapat banyak contoh *script* yang memfasilitasi pengembangan aplikasi. Terdapat lebih dari 800 fungsi bawaan didalam *Earth Engine Library* yang dapat digunakan (Amani et al., 2020).

GEE menyediakan berbagai fungsi untuk melakukan operasi spectral dan spasial pada citra tunggal atau koleksi citra. berbagai operasi spectral berbasis piksel, yang memiliki potensi tinggi untuk diimplementasikan secara paralel pada arsitektur *cloud computing* disertakan di dalam GEE (Amani et al., 2020). Fungsi utama lain dari platform GEE adalah kekuatan komputasi *cloud*-nya. Pemrosesan data berfungsi dengan baik karena memori komputer pribadi dari pengguna tidak menjadi faktor pembatas di manapun, terutama jika bekerja dengan menggunakan citra dan data skala global. Namun, ketersediaan *Application Processing Interface* (API) menghadirkan sesuatu antara kemudahan penggunaan bagi pengguna dan fleksibilitas untuk mengimplementasikan fungsi kompleks dalam API tersebut. Diperlukan kejelasan mengenai detail implementasi fungsi raster dan vector tertentu. Misalnya *Interpolate()* menerapkan fungsi linier ke setiap titik dari setiap band untuk raster atau *formaTrend()*, yang menghitung tren jangka pendek dan jangka panjang dalam deret waktu. Saat menjalankan transformasi yang kompleks,

pengguna harus dapat memanipulasi fungsi dan memodifikasinya untuk mengatasi masalah tertentu (Sidhu et al. 2018).

2.3.1. Sistem Arsitektur *Google Earth Engine*

Code Editor GEE dan Aplikasi Pihak Ketiga (*Third-Party apps*) menggunakan pustaka klien untuk mengirim skrip interaktif atau batch ke sistem melalui REST API. Permintaan kemudian akan langsung ditangani oleh server *Front End* yang akan meneruskan sub-skrip yang kompleks ke *Compute Master*, yang mengelola distribusi komputasi di antara kumpulan server komputasi (*Compute Server*). Sistem *batch* beroperasi dengan cara yang sama, tetapi menggunakan *Flume Java* untuk mengelola distribusi. Yang mendukung kedua sistem komputasi ini adalah kumpulan layanan data, termasuk basis data aset (*Asset Database*) yang berisi metadata per gambar dan menyediakan kemampuan penyaringan yang efisien. Perangkat lunak manajemen kluster borg mengelola setiap komponen sistem dan setiap layanan diseimbangkan dengan beberapa fungsi kerja (Gorelick et al., 2017).



Gambar 2. Diagram sistem yang disederhanakan (Gorelick et al., 2017)

Query to Earth Engine didasarkan pada komposisi dan evaluasi fungsional. Pengguna membuat skrip dengan merangkai operasi yang diambil dari pustaka *Earth Engine* yang terdiri atas 800 fungsi, yang memiliki kompleksitas mulai dari fungsi matematika sederhana hingga operasi geostatistik, *machine learning* dan pemrosesan gambar yang kuat. Pustaka ini memudahkan untuk mengekspresikan operasi antara citra

menggunakan bentuk aljabar citra, dan mendukung fungsi tingkat tinggi (Gorelick et al., 2017).

Sebagian besar fungsi berbasis gambar pada pustaka adalah operasi aljabar per piksel yang beroperasi pada basis per-*band* atau *band-to-band*, yang mencakup matematika bilangan bulat dan *floating point*, perbandingan logis, manipulasi bit, pengecoran tipe, penggantian bersyarat, dan operasi larik multidimensi untuk memproses piksel bernilai larik. Dan juga disertakan fungsi-fungsi manipulasi piksel yang umum seperti *table lookup*, *piecewise-linear interpolation*, *polynomial evaluation* dan *ubiquitous normalized difference*. Pustaka ini memanfaatkan beberapa *toolkit* pembelajaran yang sudah ada sebelumnya untuk menyediakan akses mudah lebih dari 20 tipe *supervised classification*, *regression* dan *unsupervised clustering* serta operasi pada matriks kerancuan untuk penilaian akurasi (Gorelick et al., 2017).

Fungsi-fungsi pustaka ini dapat disusun untuk membangun deskripsi komputasi yang ingin dilakukan oleh pengguna. Deskripsi komputasi ini pada akhirnya berbentuk *Directed Acyclic Graph* (DAG) di mana setiap simpul mewakili eksekusi fungsi atau pengakses data individual dan berisi pasangan kunci/nilai dari argument fungsi yang diberi nama. *Earth Engine* memanfaatkan teknik standar yang biasa digunakan oleh bahasa fungsional seperti transparansi referensial dan *lazy evaluation* untuk optimasi dan peningkatan efisiensi yang signifikan. Pengguna menulis skrip program *Earth Engine* menggunakan pustaka klien (*Python* dan *JavaScript*) yang memungkinkan pengguna untuk menuliskan grafik pemrosesan menggunakan paradigma pemrograman prosedural yang sudah diketahui. Pustaka klien menyediakan objek proksi untuk gambar, koleksi, dan tipe data lainnya seperti angka, *string*, geometri, dan daftar. Skrip pengguna memanipulasi objek-objek proksi ini, yang mencatat rantai operasi dan mengumpulkannya menjadi DAG yang mengekspresikan komputasi lengkap. DAG ini kemudian dikirim ke layanan *Earth Engine* untuk dievaluasi (Gorelick et al., 2017).

Earth Engine dirancang untuk mendukung eksplorasi dan analisis data spasial yang cepat dan interaktif. Untuk memfasilitasi hal ini, *Earth Engine* menggunakan model *lazy computation* yang memungkinkannya untuk menghitung hanya bagian output yang diperlukan untuk memenuhi permintaan saat ini (Gorelick et al., 2017).

2.3.2. *Javascript Google Earth Engine*

JavaScript merupakan bahasa pemrograman web yang digunakan mayoritas peramban web modern di perangkat *desktop*, tablet, serta ponsel, membuat *JavaScript* menjadi bahasa pemrograman yang paling banyak digunakan dalam sejarah. Agar dapat digunakan, setiap bahasa harus memiliki platform, atau pustaka standar untuk melakukan hal-hal seperti input dan output dasar. Bahasa *JavaScript* ini mendefinisikan *Application Programming Interfaces* (API), minimal untuk bekerja dengan angka, teks, larik, set, peta, dan sebagainya, tetapi tidak menyertakan fungsionalitas input atau output (Flanagan, 2020).

Perkembangan teknologi penginderaan jauh saat ini semakin mengarah ke pengolahan berbasis *cloud computing*, dimana pengolahan ini sudah menerapkan prinsip *machine learning* dalam proses pengerjaannya sehingga memanfaatkan sistem komputer yang telah terintegrasi dengan provider GEE. Pengguna saat ini cukup membuat skrip perintah dan pemanggilan data, kemudian sistem akan mempelajari pola data yang ada dan mengerjakan sesuai dengan skrip perintah yang dibuat. Skrip perintah dalam melakukan pengolahan data di GEE dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman *JavaScript* yang merupakan bahasa “case sensitive” artinya membedakan penamaan variabel dan fungsi yang menggunakan huruf besar dan huruf kecil (Sukoco, 2022).

GEE menyediakan *JavaScript* dan *Python* API yang dapat dengan mudah mengembangkan algoritma yang bekerja secara paralel pada fasilitas komputer data *Google*. Model pemrograman GEE berorientasi pada objek dan berdasarkan paradigma *MapReduce*. Di satu sisi, GEE dapat diakses melalui *Integrated Development Environment* (IDE) menggunakan *JavaScript* API. IDE berbasis web memungkinkan

pengguna untuk memvisualisasikan gambar, hasil, tabel, dan bagan yang dapat diekspor dengan mudah. API *Python* juga menawarkan serangkaian metode yang sama, yang memungkinkan pengguna untuk membuat permintaan ke *Engine* dan mengakses katalog. GEE memungkinkan pengguna untuk membangun dan menjalankan skrip JavaScript untuk melakukan analisis data. Ada beberapa cara untuk membangun skrip di GEE, salah satunya adalah menggunakan *Earth Engine Code Editor* yang merupakan *Integrated Development Environment* (IDE) berbasis web untuk Earth Engine JavaScript API (Mateo-García et al., 2018).

Menurut Rijal (Sukoco, 2022), terdapat beberapa penanda pada bahasa *JavaScript* yang biasa digunakan secara umum :

1. Dua garis miring (*//....*) yang berarti komentar.
2. Titik koma atau *semicolon* (*....;*) yang berarti akhir perintah.
3. Petik satu (*'....'*) yang menandakan tipe data string atau teks.
4. *Print* (*...*) yang merupakan perintah sistem untuk menampilkan hasil eksekusi perintah pada bagian console dari GEE.
5. Kurung siku (*[.....]*) yang berarti perintah untuk menampilkan perintah yang diproses pada console dalam bentuk list atau daftar ke bawah.
6. Kurung kurawal (*{.....}*) yang berarti perintah untuk menampilkan dictionary pada console GEE. Dictionary akan menampilkan list dalam list.
7. *Function*, yaitu menampilkan perintah yang disertai dengan parameter. Parameter ini ditandai dengan kurung buka dan tutup (*....*) sementara perintah ditandai dengan kurung kurawal *{.....}* yang diletakkan di dalam parameter kurung buka dan kurung tutup.

2.3.3. Penerapan Sistem *JavaScript* di *Google Earth Engine*

GEE memungkinkan pengguna untuk menjalankan algoritma pada citra dan vector bergeoreferensi geografis yang disimpan di server Google. GEE API menyediakan pustaka fungsi yang dapat diterapkan pada data untuk ditampilkan dan dianalisis. Katalog data publik Earth Engine berisi

sejumlah besar set data citra dan vektor yang tersedia untuk umum (Engine, 2023b).



```
11 var image = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C01/T1_SR")
12   .filterDate('2013-01-01', '2013-12-31')
13   .map(cloudMask)
14   .median()
15   .clip(table)
16   .select('B5', 'B4', 'B3', 'B2', 'B1');
17
18 var rescale = image.select('B5', 'B4', 'B3', 'B2', 'B1').multiply(0.0001);
19 var rgbvis = {
20   min: 0,
21   max: 0.3,
22   bands: ['B4', 'B3', 'B2'],
23 };
24
25 print(rescale, 'rescale');
26 Map.addLayer(rescale, rgbvis, '#0082');
27
28 // Menghitung nilai NDVI pada citra tunggal dan menambahkan properti waktu
29 var ndvi = image.normalizedDifference(['B5', 'B4']).copyProperties(image, ['system:time_start']);
30
31 print(ndvi, 'ndvi');
32
33 // Menentukan visibilitas layer dan mengambil rata-rata NDVI dari semua citra
34 var vis = {
35   min: -1, // Mengubah nilai minimum NDVI menjadi -1
36   max: 1, // Mengubah nilai maksimum NDVI menjadi 1
37   palette: [
38     'FFFFFF', 'CE7E45', 'DB9E50', 'F1B555', 'FCD163', '996633',
39     '744939', '533737', '373737', '313131', '1F1F1F', '000000',
40     '004C00', '023881', '012E01', '011D01', '011301'
```

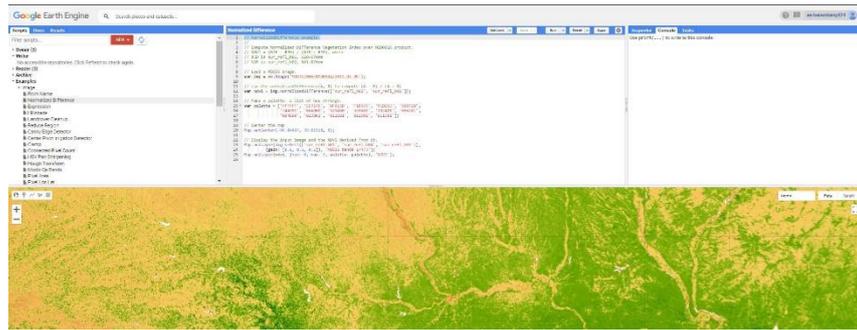
Gambar 3. *JavaScript Code Editor*

Ada beberapa cara untuk menjalankan operasi di API GEE, diantaranya (Engine, 2023b) :

- a. Memanggil metode yang dilekatkan pada objek
- b. Memanggil algoritma
- c. Memanggil fungsi khusus *Code Editor*
- d. Mendefinisikan Fungsi Baru

Code Editor memiliki berbagai fitur untuk membantu pengguna memanfaatkan API *Earth Engine*, melihat contoh skrip atau menyimpan skrip sendiri pada tab skrip, menampilkan dan memetakan hasil numerik menggunakan Google Visualization API, dan lain-lain. Skrip yang dikembangkan oleh pengguna di *Code Editor* dikirim ke Google untuk diproses dan ubin peta atau pesan yang dihasilkan dikirim kembali untuk ditampilkan di tab Peta dan/atau Konsol. Yang pengguna perlukan untuk menjalankan *Code Editor* adalah *browser web* dan koneksi internet (Engine, 2023c).

Contoh kode yang dapat diakses di *Code Editor* GEE merupakan bagian dari repositori GitHub, bagian dari pustaka klien GEE API. Selain contoh *JavaScript* yang ditampilkan di sini, repositori ini juga berisi contoh python serta pustaka klien *JavaScript* dan *Phyton* lengkap yang dapat pengguna gunakan untuk membuat skrip sendiri yang diberdayakan oleh *Earth Engine API* (Engine, 2023d).



Gambar 4. Contoh Skrip yang disediakan oleh GEE

2.4. Pemetaan Kekeringan

Pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG) yang menggunakan data penginderaan jauh adalah salah satu cara untuk mengetahui tingkat sebaran kekeringan suatu wilayah. Sejak tahun 1980-an, penggunaan data penginderaan jauh, khususnya gambar satelit dan foto udara, dianggap cukup efektif untuk memetakan daerah rawan kekeringan. (Adiningsih, 2014).

Keunggulan menggunakan data penginderaan jauh yaitu salah satunya karena dengan memanfaatkan citra satelit maupun citra foto, maka dapat mempermudah menggambarkan objek, daerah, dan gejala di permukaan bumi dengan wujud dan letak objek yang mirip dengan wujud dan letaknya di permukaan bumi, relatif lengkap, meliputi daerah yang luas dan permanen (Sutanto, 1994). Penginderaan jauh, yang dihasilkan oleh pengolahan data satelit, dapat digunakan untuk mengevaluasi kekeringan secara spasial. Faktor-faktor seperti durasi, intensitas, tingkat keparahan, dan luasnya telah digunakan untuk menentukan indeks kekeringan. (Trisasongko et al., 2015).

Transformasi citra banyak digunakan untuk pengolahan citra satelit, misalnya transformasi tasseled cap yang memanfaatkan *feature space* tiga saluran yang menghasilkan sumbu kecerahan (*brightness*), kehijauan (*greenness*), kelayuan (*yellowness*), dan ketidak tentuan (*noneesuch*). Modifikasi *tasseled cap* untuk 6 saluran pada Landsat TM, yaitu saluran 1-5, dan 7 (Murdiyati et al. 2016). Hasilnya adalah indeks kecerahan

(*brightness index*), indeks kebasahan (*wetness index*), dan indeks kehijauan (*greenness index*) (Aprilliyanti et al. 2017).

Pemantauan dan prediksi kekeringan telah dilakukan dengan berbagai metode. Selain itu, perkembangan teknologi satelit memungkinkan fenomena cuaca dan iklim dapat dipelajari dan dideteksi secara komprehensif untuk wilayah yang luas. Data satelit lingkungan dan cuaca yang tersedia, memungkinkan untuk mendeteksi gejala-gejala alam yang berkaitan dengan kekeringan (Shidqi et al. 2021). Terdapat banyak jenis data penginderaan jauh yang dihasilkan dari berbagai satelit yang mengorbit bumi, yang salah satunya adalah satelit Landsat 8 yang memiliki aspek spasial dan temporal yang konsisten (Perdana et al. 2022).

2.5. Curah Hujan

Hujan merupakan salah satu bentuk dari presipitasi yang merupakan peristiwa turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi yang bisa berupahujan, huja salju, kabut, embun, dan hujan es. Hujan berasal dari uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi seperti angin, temperature dan tekanan atmosfer (Triatmodjo, 2008).

Satuan curah hujan yang sering digunakan biasanya merujuk dari satuan yang digunakan oleh BMKG. Satuan curah hujan yang sering digunakan adalah satuan milimeter (mm). Klasifikasi Curah Hujan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Curah Hujan (Klimatologi (Suatu Pengantar), 2009).

Kriteria Hujan	Jumlah Curah Hujan
Sangat Ringan	< 5 mm
Ringan	5-20 mm
Sedang	20-50 mm
Lebat	50-100 mm
Sangat Lebat	> 100 mm

Kekeringan berkaitan erat dengan berkurangnya curah hujan, suhu udara di atas normal, kelembapan tanah rendah dan pasokan air permukaan

yang tidak mencukupi. Bencana kekeringan merupakan bencana meteorologi yang beberapa kali melanda beberapa wilayah di Indonesia. Bencana ini ditandai dengan kurangnya pasokan air hujan akibat kemarau berkepanjangan (Andono et al. 2017).

2.5.1. Klasifikasi Iklim Mohr

Klasifikasi iklim Mohr merupakan sistem klasifikasi yang diusulkan oleh E.C Mohr pada tahun 1933. Klasifikasi iklim ini menggunakan unsur iklim curah hujan (Indayanti, 2009). Klasifikasi iklim Mohr didasarkan atas jumlah bulan basah, bulan lembab, dan bulan kering dalam setahun. Rentang curah hujan nya dibagi menjadi 3 sebagai berikut :

1. Bulan Kering (BK) adalah bulan dengan curah hujan rata-rata < 60 mm
2. Bulan Lembab (BL) adalah bulan dengan curah hujan rata-rata 60-100 mm
3. Bulan Basah (BB) adalah bulan dengan curah hujan rata-rata >100 mm

Berdasarkan jumlah BK dan BB, maka Mohr menetapkan 5 golongan iklim seperti tertera pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Klasifikasi Iklim Menurut Mohr (Indayanti, 2009).

No	Zona	Jumlah Bulan Basah	Jumlah Bulan Kering
1.	Ia	12	0
2.	Ib	7-11	0
3.	II	4-11	1-2
4.	III	4-9	2-4
5.	IV	4-7	4-6
6.	V	4-5	6-7

2.6. Pengolahan Citra

Studi mengenai kekeringan dilakukan menggunakan metode penginderaan jauh. Karena data penginderaan jauh dapat digunakan untuk memantau kekeringan secara temporal. Pada penggunaan metode

penginderaan jauh dalam mengamati kekeringan tersebut telah banyak diterapkan salah satunya pada penelitian ini adalah dengan menggunakan Satelit Landsat 8 dengan menggunakan teknik algoritma NDDI (*Normalized Difference Drought Index*) (Aini et al. 2019). Nilai indeks NDDI berasal dari kombinasi algoritma NDWI dan NDVI. NDWI menekankan kebasahan vegetasi (Gu et al. 2007), dan NDVI mengukur reflektansi yang terlihat dan dekat-inframerah dari kanopi vegetasi untuk menunjukkan kekuatan (kesehatan, kehijauan) vegetasi (Koc et al. 2017).

2.6.1. *Normalized Difference Vegetation Index*

Indeks Vegetasi merupakan suatu bentuk transformasi spektral yang diterapkan terhadap citra multisaluran untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi atau aspek lain yang berhubungan dengan kerapatan, seperti biomassa, *Leaf Area Index* (LAI), konsentrasi klorofil, dan seterusnya (Danoedoro, 2012). Indeks vegetasi merangkum informasi yang terekam oleh band merah dan inframerah dekat yaitu perubahan fenologi dan biomassa vegetasi, sekaligus meningkatkan kontras (perbedaan dari nilai DN) permukaan tanah kosong lembab dan tanah kosong kering (Jaya, 2014).

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan indikator grafis sederhana yang sering digunakan untuk menganalisis pengukuran penginderaan jauh dan menilai apakah target yang diamati memiliki vegetasi hijau atau tidak (Gupta et al, 2021). NDVI merupakan kombinasi antara Teknik penisbahan dengan Teknik pengurangan citra. Indeks vegetasi yang sederhana dan mempunyai nilai range yang dinamis dan sensitive yang paling bagus terhadap perubahan tutupan vegetasi (Jensen, 2005).

NDVI merupakan indeks vegetasi yang paling banyak digunakan dan kegunaannya serta manfaatnya dalam penilaian satelit dan pemantauan tutupan vegetasi global telah ditunjukkan dengan baik selama dua dekade terakhir (Huete et al. 1994). Nilai perhitungan NDVI memiliki kaitan yang erat dengan ketersediaan air atau kelembaban, sehingga nilai NDVI

memungkinkan untuk digunakan sebagai dasar untuk mengidentifikasi daerah yang terkena kekeringan (Shofiyati et al. 2002). Perhitungan NDVI dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Rosyidy et al. 2021).

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

Keterangan :

NDVI : *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR : band Inframerah Dekat (B5)

RED : band merah (B4)

Forkel et al., (2013) menjelaskan bahwa nilai rata-rata NDVI tahunan didapatkan dengan menghitung nilai NDVI rata-rata selama periode satu tahun. Salah satu penelitian yang menggunakan nilai rata-rata NDVI tahunan adalah penelitian yang dilakukan oleh Fokeng & Fogwe, (2022) yang menggunakan NDVI rata-rata tahunan dari citra landsat pada bulan bebas awan untuk memodelkan dinamika degradasi vegetasi selama 37 tahun berdasarkan regresi Kuadrat Terkecil Biasa (*Ordinary Least Squares*). Sharma et al., (2022) menyatakan bahwa hutan biasanya memiliki nilai NDVI rata-rata tahunan yang lebih tinggi daripada jenis vegetasi lainnya, namun jenis vegetasi seperti lahan pertanian mungkin memiliki nilai NDVI rata-rata tahunan yang sama dengan hutan.

2.6.2. *Normalized Difference Water Index*

Normalized Difference Water Index (NDWI) merupakan indeks yang menunjukkan tingkat kebasahan dari suatu area (Tangibali, 2017). NDWI merupakan indeks turunan satelit dari saluran NIR dan SWIR. Refleksi SWIR mencerminkan kandungan air vegetasi dan struktur mesofil spons di kanopi vegetasi, sedangkan refleksi NIR dipengaruhi oleh struktur internal daun dan kandungan bahan kering daun tetapi tidak dipengaruhi oleh kandungan air. Kombinasi NIR dan SWIR menghilangkan variasi yang disebabkan oleh struktur internal daun serta kandungan bahan kering daun, hal ini kemudian meningkatkan akurasi dalam mendapatkan kandungan air

vegetasi (Ceccato et al. 2001). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Kurnia, 2019).

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

Keterangan :

NDWI : *Normalized Difference Water Index*
NIR : Nilai reflektan infra merah dekat (B5)
SWIR : Nilai reflektan kanal infra merah gelombang pendek (SWIR)

NDWI merupakan indeks yang digunakan untuk menggambarkan kebasahan pada suatu daerah menggunakan metode penginderaan jauh. NDWI bisa menjadi indikator yang lebih sensitif jika dibandingkan dengan NDVI untuk pemantauan kekeringan di area yang luas, ini dikarenakan NDWI dipengaruhi oleh kekeringan dan kelayuan pada kanopi vegetasi (Gu et al., 2007). Meskipun begitu, Serrano et al., (2019) menjelaskan bahwa indeks air sensitif terhadap perubahan kandungan air pada vegetasi. Oleh karena itu NDWI harus dilihat bukan sebagai pengganti indeks NDVI tetapi sebagai metode untuk melengkapinya, seperti yang diusulkan oleh Gao, (1996). NDWI sendiri memiliki hubungan saling terkait dalam analisis kekeringan lahan NDDI, karena NDDI sendiri merupakan rasio antara indeks vegetasi NDVI dan indeks kebasahan NDWI. NDWI diperoleh dengan menggunakan prinsip yang sama dengan perhitungan NDVI (Tangibali, 2017).

2.6.3. *Normalized Difference Drought Index*

NDDI (*Normalized Difference Drought Index*) merupakan indeks yang berbasis satelit dan mampu menunjukkan *geo-meteorological complexity* suatu lingkungan, di mana dalam hal ini adalah untuk memantau dan mengidentifikasi kekeringan. Dalam algoritma NDDI, nilai yang lebih tinggi menunjukkan kondisi kekeringan (Julianto, 2021). NDDI merupakan indeks parameter kekeringan yang menggabungkan indeks kehijauan NDVI dan indeks kebasahan NDWI. Indeks ini merupakan salah satu dari banyak

indeks kekeringan yang digunakan untuk memantau kondisi kekeringan di suatu wilayah. Perhitungan NDDI untuk memperoleh indeks kekeringan dari suatu wilayah dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Gu et al., 2007).

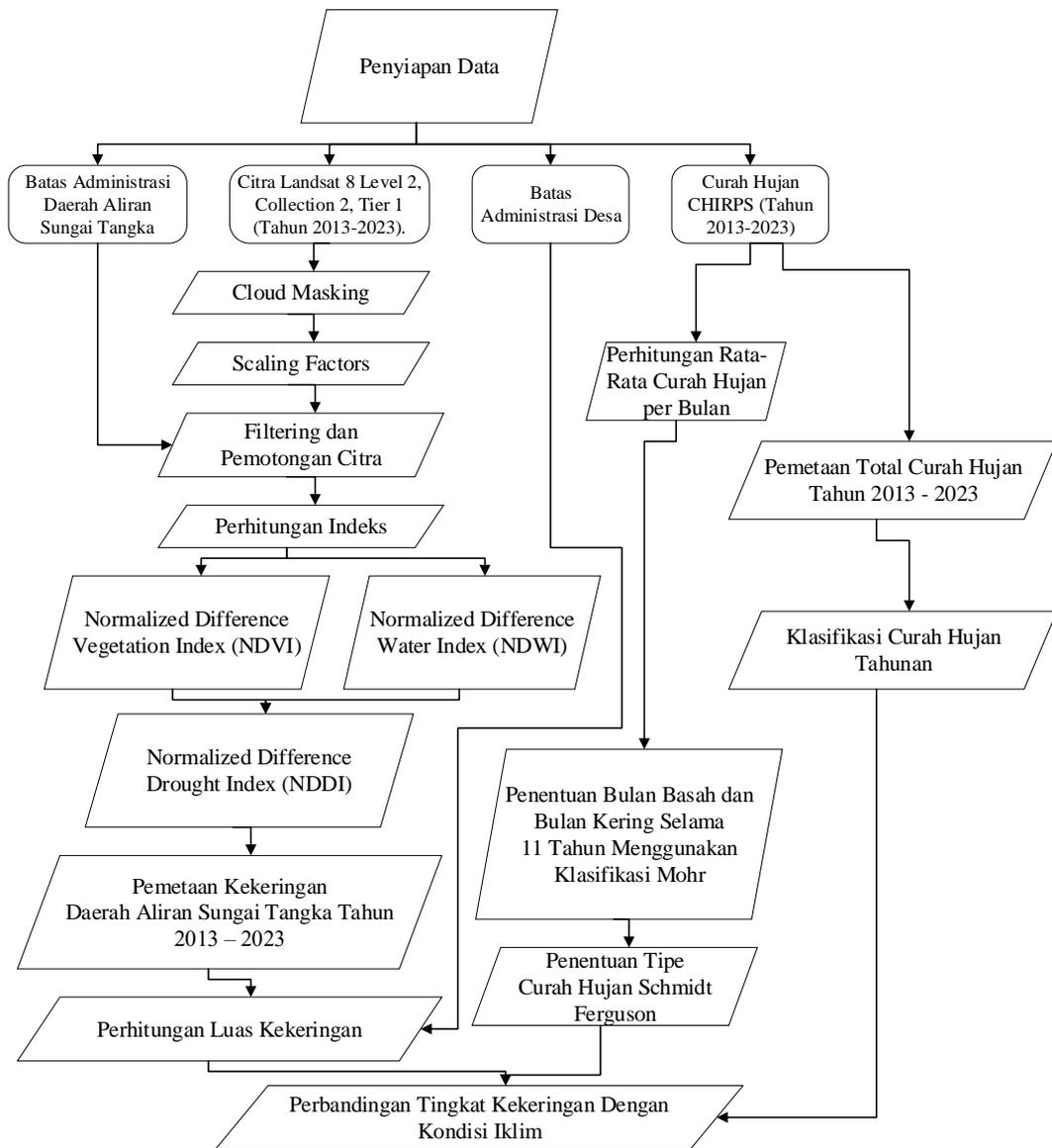
$$\text{NDDI} = \frac{(\text{NDVI} - \text{NDWI})}{(\text{NDVI} + \text{NDWI})}$$

Keterangan :

NDDI : *Normalized Difference Drought Index*

NDVI : *Normalized Difference Vegetation Index*

NDWI : *Normalized Difference Water Index*



Gambar 5. Alur Penelitian Pemetaan Kekeringan