

**PEMETAAN KAWASAN RAWAN BENCANA ERUPSI SEMERU
BERDASARKAN SATELIT LANDSAT-8
(Studi Kasus: Erupsi Gunung Semeru 04 Desember 2021)**

SKRIPSI

Oleh :
ATIKA WULANDARI
NIM. 18640072



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

HALAMAN PENGAJUAN

**PEMETAAN KAWASAN RAWAN BENCANA ERUPSI SEMERU
BERDASARKAN CITRA SATELIT LANDSAT-8
(Studi Kasus: Erupsi Gunung Semeru 04 Desember 2021)**

SKRIPSI

**Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh :
ATIKA WULANDARI
NIM. 18640072**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

PEMETAAN KAWASAN RAWAN BENCANA ERUPSI GUNUNG SEMERU
BERDASARKAN CITRA SATELIT LANDSAT-8
(Studi Kasus: Erupsi Gunung Semeru 04 Desember 2021)

SKRIPSI

Oleh:
ATIKA WULANDARI
NIM. 18640072

Telah Diperiksa dan Disetujui
Pada tanggal, 28 November 2022

Pembimbing I



Drs. Cecep E. Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D
NIP. 19590729 198602 1 001

Pembimbing II



Dr. Umairatus Syarifah, MA
NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

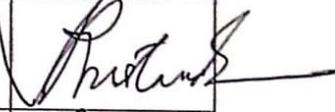
LEMBAR PENGESAHAN

PEMETAAN KAWASAN RAWAN BENCANA ERUPSI GUNUNG
SEMERU BERDASARKAN CITRA SATELIT LANDSAT-8
(Studi Kasus: Erupsi Gunung Semeru 04 Desember 2021)

SKRIPSI

Oleh:
ATIKA WULANDARI
NIM. 18640072

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal: 22 Desember 2022

Penguji I	<u>Irian, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Penguji I	<u>Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes</u> NIP. 19750808 199903 1 003	
Pembimbing I	<u>Drs. Cecep E Rustana, B.Sc Hons., Ph.D.</u> NIP. 19590729 198602 1 001	
Pembimbing II	<u>Dr. Umaiatus Syarifah, MA</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si.
NIP. 19740730 200312 1 002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Atika Wulandari

NIM : 18640072

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pemetaan Kawasan Rawan Bencana Erupsi Semeru
Menggunakan Landsat-8 (Studi Kasus: Erupsi Semeru 4
Desember 2021)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur penjiplakan karya penelitian yang dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan sumbernya dalam daftar Pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 14 Desember 2022
Yang Membuat Pernyataan,



Atika Wulandari
NIM. 18640072

MOTTO

أهم استثمار يمكنك القيام به هو في نفسك

“Investasi paling penting yang dapat kamu lakukan adalah untuk dirimu.”

“The most important investment you can make is in yourself.”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Orangtua saya, yakni Bapak Alm. Achmad Suef dan Ibu Almh. Hartutik, serta Kakak-Kakakku yang lalu memberikan dukungan dan doa sehingga saya dapat menyelesaikan studi ini serta keluarga besar yang selalu mendoakan kelancaran dalam menjalankan studi hingga lulus.
2. Seluruh dosen fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, khususnya pembimbing saya, yakni bapak Drs. Cecep E. Rustana, B. Sc(Horns), PhD yang telah banyak membantu dan membimbing saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Ibu Dr. Umayatus Syarifah, M.A yang selalu mengingatkan saya untuk selalu mengaji kitab suci Al-Qur'an.
3. Teman-teman terdekat yang telah memberikan dukungan secara emosional dan bantuannya, semoga Allah SWT membalas budi baik kalian semua.
Aamiin.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam yang telah memberikan rahmat serta hidayah sehingga penulis dapat Skripsi yang berjudul **“Pemetaan Kawasan Rawan Erupsi Semeru Berdasarkan Citra Landsat-8 (Studi Kasus: Erupsi Semeru 04 Desember 2021)”** telah selesai. Selama proses penyusunan Skripsi, saya telah banyak dibantu oleh para pihak di bawah ini, maka untuk itu saya ucapkan banyak terimakasih.

1. Bapak Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Prodi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Bapak Drs. Cecep Rustana, B.Sc Hons., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
5. Alm. Bapak Achmad Suef, Almh. Ibu Hartutik, Kakak Any Rosyidah, Kakak Nur Shofiyah dan Kakak Nur Hayati tersayang yang telah mendukung dalam melaksanakan penulisan skripsi.
6. Ahmad Ainun Najib yang selalu berada di sampingku dan selalu menemaniku saat senang maupun sedih.
7. Sahabat-sahabatku, Mamik Masusil Qoiriyah, S.Si., Aliffia Windi Noviana, S.Si., Rosyida, Puspa Sari Ayu, Nelly Ayu Mauliddiyyah, Nailatun Nasikha,

dan Nadia Syifa Ariyani yang telah menemani, memotivasi dan memberi saran yang terbaik selama proses pengerjaan skripsi.

8. Serta Teman-Teman Jurusan Fisika Angkatan 2018 yang telah membantu penulisan

Skripsi Kami sebagai penulis telah sadar bahwa Skripsi memiliki banyak sekali kekurangan dalam penulisan Skripsi. Diantaranya dalam penulisan kata, kalimat, tanda baca, format bahasa formal, dan lain sebagainya. Dalam kesempatan ini, maka penulis berusaha semaksimal mungkin dalam proses penyusunannya. Sehingga laporan ini memberikan manfaat bagi pembaca.

Malang, 14 Desember 2022
Yang Membuat Pernyataan,

Atika Wulandari
NIM. 18640072

DAFTAR ISI

COVER	I
HALAMAN PENGANTAR	II
HALAMAN PERSETUJUAN	III
LEMBAR PENGESAHAN	IV
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	V
MOTTO	VI
HALAMAN PERSEMBAHAN	VII
KATA PENGANTAR	VIII
DAFTAR ISI	X
DAFTAR GAMBAR	XII
DAFTAR TABEL	XIV
DAFTAR LAMPIRAN	XV
ABSTRAK	XVI
ABSTRACT	XVII
مستخلص البحث	XVIII
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II DASAR TEORI	7
2.1 Erupsi Semeru	7
2.2 <i>NDVI</i>	14
2.3 <i>LST</i>	16
2.4 Landsat-8.....	18
2.6 Penelitian Terdahulu	24
2.7 Kerangka Berpikir.....	26
BAB III METODOLOGI	29
3.1 Lokasi Penelitian	29
3.2 Alat dan Data.....	29
3.2.1 Alat Penelitian	29
3.2.2 Jenis Data	30
3.3 Tahap Penelitian.....	32
3.3.1 Tahap Persiapan.....	33
3.3.2 Tahap Pengumpulan Data.....	33
3.3.4 Tahap Analisis	39
BAB IV	41
HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Data Penelitian	41
4.2 Hasil Analisis	46
4.3 Pembahasan.....	72

4.4 Perspektif Mitigasi Bencana dalam Fikih Kebencanaan.....	82
BAB V.....	83
PENUTUP.....	83
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hilangnya vegetasi pasca letusan.....	7
Gambar 2.2 Peta rawan Bencana Semeru Sumber:(PVMBG, 2021).....	9
Gambar 2.3 Material vulkanik yang terdeteksi dengan NDVI	12
Gambar 2.4 NDVI pada Tumbuhan	15
Gambar 2.5 Penjalaran Gelombang Elektromagnetik.....	19
Gambar 2.6 Interaksi Energi EM dengan Bumi.....	21
Gambar 2.7 Satelit Landsat-8.....	22
Gambar 2.8 Kerangka Berpikir	26
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	29
Gambar 3.2 Alur Penelitian.....	32
Gambar 3.3 Pengumpulan Data Citra Landsat-8	34
Gambar 3.4 Pengolahan Data.....	35
Gambar 3.5 Analisis Data	42
Gambar 4.1 Luasan dari daerah penelitian.....	41
Gambar 4.2 Citra Band 4 Pra Erupsi.....	43
Gambar 4.3 Citra Band 5 Pra Erupsi.....	43
Gambar 4.4 Citra Band 4 Pasca Erupsi.....	44
Gambar 4.5 Citra Band 5 Pasca Erupsi.....	44
Gambar 4.6 Citra Band 10 Pra Erupsi.....	44
Gambar 4.7 Citra Band 10 Saat Erupsi	45
Gambar 4.8 Citra Band 10 Pasca Erupsi.....	45
Gambar 4.9 Ukuran piksel dari NDVI	45
Gambar 4.10 Ukuran piksel dari LST	46
Gambar 4.11 Citra NDVI sebelum erupsi 2021	47
Gambar 4.12 Citra NDVI setelah erupsi 2021	48
Gambar 4.13 Diagram perbandingan luasan kelas NDVI sebelum dan setelah erupsi 2021	50
Gambar 4.14 Pembagian Potongan NDVI.....	51
Gambar 4.15 Potongan Citra NDVI ke-1 (a) sebelum erupsi (b) setelah erupsi... 51	51
Gambar 4.16 Diagram Perbandingan luasan kelas NDVI pada potongan ke-1 52	52
Gambar 4.17 Potongan Citra NDVI ke-2 (a) sebelum erupsi (b) setelah erupsi... 53	53
Gambar 4.18 Diagram perbandingan luasan kelas NDVI pada potongan ke-2 54	54
Gambar 4.19 Citra NDVI potongan ke-3 (a) sebelum erupsi (b) setelah erupsi... 55	55
Gambar 4.20 Diagram perbandingan luasan kelas NDVI potongan ke-3..... 55	55
Gambar 4.21 Potongan Citra NDVI ke-4 (a) sebelum erupsi (b) setelah erupsi... 56	56
Gambar 4.22 Perbandingan luasan kelas NDVI pada potongan ke-4..... 57	57
Gambar 4.23 Citra NDVI potongan ke-5 (a) sebelum erupsi (b) setelah erupsi... 58	58
Gambar 4.24 Diagram perbandingan luasan kelas NDVI pada citra potongan ke-5	59
Gambar 4.25 Potongan Citra NDVI ke-6 (a) sebelum erupsi (b) setelah erupsi... 60	60
Gambar 4.26 Diagram perbandingan luasan kelas NDVI potongan ke-6..... 60	60
Gambar 4.27 Citra NDVI potongan ke-7 (a) sebelum erupsi (b) setelah erupsi... 61	61
Gambar 4. 28 Diagram perbandingan luasan kelas NDVI pada potongan ke-7 ... 62	62
Gambar 4.29 Citra LST sebelum erupsi Semeru 2021	65
Gambar 4.30 Diagram Nilai LST dan luasannya pra erupsi 2021	66
Gambar 4.31 Citra LST saat erupsi Semeru 2021.....	67

Gambar 4.32 Diagram Nilai LST dan luasannya saat erupsi 2021	68
Gambar 4.33 Citra LST setelah erupsi Semeru 2021	69
Gambar 4.34 Diagram Nilai LST dan luasannya setelah erupsi 2021	70
Gambar 4.35 Diagram perbandingan Nilai LST dan luasannya sebelum, pada saat, dan setelah erupsi Semeru.....	71
Gambar 4.36 Diagram pebandingan LST dan NDVI 2021.....	72
Gambar 4.37 Pola aliran lava hasil overlay NDVI dan LST	76
Gambar 4.38 Pola sebaran material piroklastik berdasarkan NDVI dan LST	76
Gambar 4.39 Daerah terdampak akibat erupsi Semeru.....	77
Gambar 4.40 Aliran lahar hasil overlay NDVI dan LST	77
Gambar 4.41 overlay beberapa SHP	78
Gambar 4.42 Peta Kawasan Rawan Bencana Erupsi Semeru.....	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik KRB Erupsi Gunung	8
Tabel 2.2 Upaya Mitigasi Bencana Erupsi.....	9
Tabel 2.3 Band-Band pada Landsat-8.....	23
Tabel 3.1 Alat Penelitian.....	29
Tabel 3.2 Data Penelitian	30
Tabel 4.1 Konstanta faktor pengali dari masing-masing band.....	42
Tabel 4.2 Konstan faktor penambah dari masing-masing band.....	42
Tabel 4.3 Tabel 4.3 Konstanta pada band 10	42
Tabel 4.4 Nilai emisivitas	42
Tabel 4.5 Nilai luasan NDVI sebelum dan setelah erupsi 2021	49
Tabel 4.6 Nilai luasan NDVI pada potongan ke-1	51
Tabel 4.7 Nilai luasan NDVI pada potongan ke-2.....	53
Tabel 4.8 Nilai luasan NDVI pada potongan ke-3.....	55
Tabel 4.9 Nilai luasan NDVI pada potongan ke-4.....	56
Tabel 4.10 Nilai luasan NDVI pada potongan ke-5.....	58
Tabel 4.11 Nilai luasan NDVI pada potongan ke-6.....	60
Tabel 4.12 Nilai luasan NDVI pada potongan ke-7.....	61
Tabel 4.13 Identikasi material yang ditimbulkan erupsi.....	63
Tabel 4.14 Nilai LST dan luasannya pra erupsi.....	65
Tabel 4.15 Nilai LST dan luasannya erupsi 2021	67
Tabel 4.6 Nilai LST dan luasannya setelah erupsi 2021	69
Tabel 4.17 Luasan daerah terdampak erupsi Semeru 2021.....	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. METADATA LANDSAT-8	88
Lampiran 2. Perhitungan	90

ABSTRAK

Wulandari, Atika. 2022. **Pemetaan Kawasan Rawan Bencana Erupsi Semeru Berdasarkan Landsat-8**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing: (I) Drs. Cecep E. Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D. (II) Umayiyatus Syarifah, MA.

Kata Kunci: *NDVI, LST, KRB, Landsat-8, Erupsi Semeru 2021*

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penginderaan jauh satelit Landsat-8 untuk memetakan Kawasan Rawan Bencana (KRB) erupsi Semeru berdasarkan nilai *NDVI* yang ditentukan dengan menggunakan band 4 dan 5, dan *LST* yang ditentukan dengan band 10 Landsat-8 tersebut. *NDVI* digunakan untuk menentukan pola aliran lahar dan cakupan daerah terimbas erupsi. Sedangkan, *LST* digunakan untuk mengetahui peningkatan suhu dan pola aliran lava. Peta KRB erupsi Semeru yang dihasilkan melalui pengintegrasian citra data *NDVI* dan *LST* dengan aplikasi *QGIS* ini penting untuk dijadikan acuan mitigasi bahaya erupsi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai *NDVI* mengalami penurunan akibat erupsi Semeru ditandai dengan bertambahnya luasan penurunan vegetasi kelas buruk sekitar 32.9213 km² akibat terkena banjir lahar dingin dan *ash-fall*, dan kelas non vegetasi sekitar 13.1815 km² akibat aliran lava dan material piroklastik (wedosgembel). Hal ini menunjukkan bahwa dampak dari erupsi telah mempengaruhi kondisi vegetasi sekitar Semeru. Sementara itu, nilai *LST* mengalami peningkatan saat erupsi Semeru berlangsung dalam rentang dari 31 °C s/d >50 °C sepanjang >14 kilometer terhitung dari pusat kawah sampai Tenggara Semeru akibat terkena aliran lava, wedus gembel (*pyroclastic flows*), aliran lahar dingin dan lontaran abu vulkanik. Hal ini membuktikan bahwa peningkatan aktivitas erupsi Semeru dapat mempengaruhi *LST*. Nilai *NDVI* dan *LST* ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk memetakan dan mengkategorikan KRB erupsi Semeru sesuai dengan penyebab dan tingkat bahayanya. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting karena menunjukkan tingkat kerawanan suatu daerah terhadap bencana yang ditimbulkan oleh letusan Semeru.

ABSTRACT

Wulandari, Atika. 2022. **Mapping of Semeru Eruption-Prone Areas Based on Landsat-8**. Thesis. Physics Study Program, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang.
Supervisors: (I) Drs. Cecep E. Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D. (II) Umaiatus Syarifah, MA.

Keywords: NDVI, LST, KRB, Landsat-8, Semeru Eruption 2021

This research was conducted using the Landsat-8 satellite remote sensing method to map the Semeru eruption Disaster Prone Area (KRB) based on NDVI values determined using bands 4 and 5, and LST determined by Landsat-8 band 10. NDVI is used to determine lava flow patterns and the coverage of eruption-influenced areas. Meanwhile, LST is used to determine the increase in temperature and patterns of lava flow. The KRB map of the Semeru eruption, which was produced by integrating NDVI and LST image data with the QGIS application, is important to be used as a reference for mitigating the danger of eruptions. The results of this study indicate that the NDVI value has decreased due to the eruption of Semeru marked by an increase in the area of decreased vegetation for the bad class of around 32,9213 km² due to exposure to cold lava and ash-fall floods, and the non-vegetation class of around 13,1815 km² due to lava flows and pyroclastic material (wedosgembel). This shows that the impact of the eruption has affected the condition of the vegetation around Semeru. Meanwhile, the LST value increased when Semeru's eruption took place in the range from 31°C to >50°C for >14 kilometers from the center of the crater to the southeast of Semeru due to exposure to lava flows, wedus gembel (pyroclastic flows), cold lava flows. and volcanic ash ejection. This proves that the increase in Semeru's eruption activity can affect LST. These NDVI and LST values are then used as the basis for mapping and categorizing the KRB of the Semeru eruption according to the cause and level of danger. Therefore, this research is important because it shows the level of vulnerability of an area to disasters caused by the Semeru eruption.

مستخلص البحث

وولانداري، عتيقة. ٢٠٢٢. رسم الخرائط للمناطق المعرضة لكارثة ثوران سيميرو على أساس لاندسات -٨. البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج.
المشرف الأول: جيحيف إي روستانا. والمشرف الثاني: دكتور أمية الشريفة، الماجستير في ألدن.
الكلمات الرئيسية: *NDVI*، *LST*، *KRB*، لاندسات -٨، ثوران سيميرو ٢٠٢١.

وقد أجري هذا البحث باستخدام طريقة الاستشعار عن بعد الساتلية لاندسات-٨ لرسم الخرائط للمنطقة المعرضة للكوارث الناجمة عن ثوران سيميرو استنادا إلى درجة مؤشر الفرق المعياري للغطاء النباتي (*NDVI*) التي تم تحديدها باستخدام النطاقين ٤ و ٥، ودرجة حرارة سطح الأرض (*LST*) المحددة باستخدام النطاق ١٠ لاندسات-٨. يستخدم *NDVI* لتحديد أنماط تدفق الحمم البركانية ومناطق التغطية المتأثرة بالانفجارات. وفي الوقت نفسه، ويتم استخدام *LST* لتحديد الزيادة في أنماط درجة الحرارة وتدفق الحمم البركانية. تعد الخرائط للمناطق المعرضة لكارثة ثوران سيميرو التي تم إنشاؤها من خلال دمج صور بيانات *NDVI* و *LST* مع تطبيق *QGIS* مهمة لاستخدامها كمرجع للتخفيف من مخاطر الثوران. أظهرت نتائج هذا البحث أن قيمة *NDVI* انخفضت بسبب ثوران سيميرو مما يتميز بزيادة في مساحة الانخفاض في الغطاء النباتي الضعيف بحوالي ٣٢.٩٢١٣ كيلومتر مربع بسبب فيضانات الحمم البركانية الباردة وسقوط الرماد، وفتة غير نباتية تبلغ حوالي ١٣.١٨١٥ كيلومتر مربع بسبب تدفقات الحمم البركانية والمواد البركانية (*pyroclastic flows*). هذا يدل على أن تأثير الثوران قد أثر على حالة الغطاء النباتي حول سيميرو. وفي الوقت نفسه ، زادت درجة حرارة سطح الأرض عندما حدث ثوران سيميرو في النطاق من ٣١ درجة مئوية إلى < ٥٠ درجة مئوية على طول < ١٤ كيلومترا من مركز الحفرة إلى الجنوب الشرقي من سيميرو بسبب التعرض لتدفقات الحمم البركانية والمواد البركانية وتدفقات الحمم البركانية الباردة وثورات الرماد البركاني. هذا يثبت أن النشاط البركاني المتزايد لسيميرو يمكن أن يؤثر على درجة حرارة سطح الأرض. ثم يتم استخدام قيمة *NDVI* و *LST* هذه كأساس لرسم خرائط وتصنيف المناطق المعرضة لكارثة ثوران سيميرو وفقا لعمق ودرجة الخطر. لذلك، هذا البحث مهم لأنه يظهر درجة تعرض منطقة ما للكارثة الناجمة عن ثوران سيميرو.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanggal 4 Desember 2021, Gunung Semeru mengalami erupsi yang mengakibatkan kawasan daerah sekitar mengalami perubahan, menewaskan kurang lebih 27 korban jiwa, serta merusak bangunan-bangunan seperti rumah-rumah warga, tempat ibadah, dan fasilitas publik. Akibat dari kejadian tersebut, warga sekitar daerah yang terkena erupsi harus mengungsi ke tempat yang lebih aman. Semeru sering terjadi erupsi dan memuntahkan lava sejak tahun 1967 sampai sekarang. Pusat kegiatan terletak di atas kawah Mahameru menghadap ke tenggara kawasan Gunung Semeru Lumajang (PVMBG, 2021).

Kawasan rawan bencana (KRB) erupsi gunung adalah kawasan yang telah teridentifikasi sering terkena dari bencana letusan gunung berapi atau kawasan yang berpotensi terjadi letusan gunung berapi. Gunung Semeru termasuk dalam jajaran kelompok gunung berapi aktif yang memiliki potensi letusan besar. Oleh karena itu, perlu dibuat peta kawasan rawan bencana (KRB) erupsi yang berfungsi sebagai antisipasi agar dapat terhindar dari ancaman bahaya yang ditimbulkan oleh erupsi, dimana peta KRB merupakan peta yang menunjukkan tingkat kerawanan pada suatu wilayah terhadap bencana erupsi gunung berupa ancaman jatuhnya piroklastik, aliran lava dan lahar dingin (BNPB, 2014).

Menurut Egar (2018), aliran lava yang dimuntahkan akibat adanya peningkatan dari aktivitas gunung berapi memiliki suhu yang sangat tinggi. Hal ini dapat menyebabkan suhu permukaan tanah menjadi meningkat dibandingkan

sebelum erupsi terjadi. Untuk mengetahui perubahan yang terjadi, maka perlu dilakukan pengamatan nilai suhu permukaan tanah sebelum erupsi dan sesudah erupsi (Egar, 2018). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Chonisnia (2020), beliau menyatakan bahwa lava cair dapat diamati dengan menggunakan citra satelit yang memiliki sensor termal infrared. Lelehan lava pada citra terlihat seperti pola memanjang dan memiliki suhu yang lebih tinggi dari kawasan sekitarnya (Chosinia, 2020).

Di sisi lain, penelitian yang dilakukan oleh Reforma (2018) menyatakan bahwa keberadaan vegetasi berperan penting dalam mengidentifikasi kawasan yang terkena erupsi. Sebaran kawasan terkena erupsi terjadi pada kawasan yang bervegetasi maupun yang tidak bervegetasi. Kawasan yang terkena erupsi parah adalah kawasan yang terjadi penurunan vegetasi secara cepat. Sedangkan Kawasan yang sedikit terjadi perubahan terhadap vegetasinya merupakan Kawasan yang tidak terkena letusan parah. Kawasan yang terjadi penurunan vegetasi yang cukup tinggi diindikasikan bahwa Kawasan tersebut rawan terkena letusan berupa material awan panas atau aliran lahar. Dari tutupan lahan berbentuk material letusan dapat menyebabkan kematian vegetasi (Reforma, 2018).

Sementara itu, penelitian Cindy dalam memetakan kawasan yang rusak akibat erupsi Gunung Sinabung dari tahun 2010 hingga 2016 dapat diidentifikasi melalui indeks vegetasi, dari tahun ke tahun kerapatan vegetasi kawasan tersebut selalu menurun. 75% vegetasi di kawasan Gunung Sinabung berkurang. Selain itu, juga menggunakan perubahan suhu permukaan tanah sebagai patokan dalam menentukan Kawasan yang terkena erupsi. Suhu permukaan tanah pada tahun 2010 di Kabupaten Karo sekitar 30.17 derajat celsius suhu tertinggi sebelum

meletusnya Gunung Sinabung. Namun, setelah letusan pada tahun 2014 dan 2015 suhu permukaan tanah masing-masing meningkat menjadi 85 derajat celcius dan 75 derajat celcius. Pasalnya, Gunung Sinabung mengalami peningkatan dengan mengeluarkan lava pijar dan semburan awan panas (Cindy, 2018).

Berdasarkan latar belakang seperti yang telah dijelaskan, penelitian ini dirancang dan dilakukan untuk memetakan Kawasan rawan bencana erupsi Gunung Semeru. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penginderaan jauh dengan citra satelit *Landsat-8* yang berfungsi untuk memantau Kawasan yang terkena erupsi Gunung Semeru berdasarkan indeks vegetasi (*Normalized Differential Vegetation Index*) sebagai perubahan vegetasi pada kawasan semeru. Sedangkan *Land Surface Temperature* digunakan untuk deteksi perubahan suhu permukaan tanah akibat erupsi yang dapat digunakan sebagai antisipasi mitigasi kawasan rawan bencana erupsi. Dari proses pemetaan kawasan rawan bencana akibat erupsi Gunung Semeru dapat dijadikan sebagai kawasan mitigasi bencana erupsi.

Pentingnya penelitian ini dilakukan adalah penelitian ini dapat menunjukkan tingkat kerawanan suatu daerah terhadap bencana yang ditimbulkan oleh letusan gunung terutama yang ditimbulkan oleh Gunung Semeru. Di mana hasil dari pemetaan kawasan rawan bencana ini berbeda dengan peta yang dihasilkan oleh PVMBG karena parameter dan metode yang digunakan berbeda. Hasil dari pemetaan kawasan bencana erupsi menggunakan landsat kemudian dibandingkan dengan peta yang dihasilkan PVMBG yang selalu terjadi revisi.

Upaya penanggulangan daerah rawan bencana akibat erupsi Semeru dapat dilakukan dengan memetakan KRB erupsi Semeru. Dalam perspektif Islam, upaya

mitigasi bencana yang meliputi pencegahan, persiapan, penanggulangan, pertolongan, rehabilitasi dan rekonstruksi, merupakan ikhtiar menyangkut keselamatan karena menyangkut keselamatan hidup dan peradaban manusia (Syadzili, 2007). Hal tersebut berlandaskan tuntunan al-Qur'an agar dapat menjaga kemaslahatan umat manusia Allah SWT berfirman:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اصْبِرُوا وَصَابِرُوا وَرَابِطُوا وَاتَّقُوا اللَّهَ لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُونَ ٢٠٠

"Wahai orang-orang yang beriman! Bersabarlah kamu dan kuatkanlah kesabaranmu dan tetaplah bersiap siaga dan bertakwalah kepada Allah agar kamu beruntung." (QS. Ali 'Imran (3): 200).

Dalam ayat di atas, terdapat kalimat *وَرَابِطُوا* menjadi tuntunan kepada kita semua apabila terjadi musibah terutama bencana, hendaknya bersiap siaga. Kalimat bersiap siaga ini merupakan bentuk upaya ikhtiar. Al Quran menganjurkan untuk sebuah daerah berpenduduk dan memiliki pemerintahan untuk memiliki perencanaan siaga yang mengarah kepada kesiapan dan kemampuan untuk memperkirakan, mengurangi dampak, menangani secara efektif serta melakukan pemulihan diri dari dampak, dan jika memungkinkan dapat mencegah bencana itu sendiri (Abdillah, 2022). Upaya tersebut berupa pemetaan kawasan rawan bencana erupsi Gunung Semeru yang kemudian disosialisasikan kepada warga agarantisipasi terhadap bahaya yang ditimbulkan erupsi Gunung Semeru.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini, antara lain:

1. Bagaimana perubahan *Normalized Differensial Vegetation Indeks* sebelum dan sesudah erupsi Gunung Semeru?
2. Bagaimana perubahan *Land Surface temperature* sebelum, saat dan sesudah erupsi Gunung Semeru?

3. Bagaimana peta Kawasan Rawan Bencana erupsi Gunung Semeru berdasarkan citra satelit Landsat-8?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, antara lain:

1. Untuk mengetahui perubahan *Normalized Differensial Vegetation Indeks* sebelum dan sesudah erupsi Gunung Semeru.
2. Untuk mengetahui perubahan *Land Surface temperature* sebelum, saat dan sesudah erupsi Gunung Semeru.
3. Untuk mengetahui peta Kawasan Rawan Bencana erupsi Gunung Semeru berdasarkan citra satelit Landsat-8.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diberikan dari penelitian ini, antara lain:

1. Dapat mengetahui pemetaan kawasan rawan bencana berdasarkan perubahan *NDVI* sebagai pola aliran lahar dan cakupan daerah terimbas. Sedangkan *LST* digunakan sebagai peningkatan aktivitas Gunung Semeru.
2. Dapat dijadikan sebagai bahan penentuan mitigasi bencana (mikrozonasi) dengan menggunakan *NDVI* yang menunjukkan aliran lahar dan cakupan daerah terimbas, sedangkan *LST* digunakan sebagai penentu peningkatan aktivitas erupsi Gunung Semeru.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini, antara lain:

1. Penelitian ini dilakukan di wilayah Kawasan Gunung Semeru juga termasuk ke dalam kawasan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru dengan *path path 118/row 66*.

2. Data yang digunakan dalam penelitian Pemetaan Kawasan Rawan Bencana Erupsi Gunung Semeru adalah data dari citra Landsat-8 yang diambil pada tanggal 09 November s/d 23 November 2021 sebagai data pra erupsi. Sedangkan data yang diambil pada tanggal 24 November 2021 s/d 07 Desember 2021 sebagai data peningkatan aktivitas erupsi. data yang diambil pada tanggal 08 Desember 2021 s/d 22 Desember 2021 sebagai data pasca erupsi.
3. Data diakses dari laman resmi *USGS (United States Geological Survey)*.
4. Pengolahan citra Landsat-8 dilakukan untuk mendapatkan citra peningkatan aktivitas yang terjadi pada Gunung Semeru dengan menggunakan *LST*, serta citra aliran lahar dan cakupan daerah terimbas dengan menggunakan *NDVI*.
5. Indeks vegetasi menggunakan data *band 4* dan *5* dari satelit *Landsat-8* sebagai algoritma *Normalized Deferential Vegetation*.
6. Suhu permukaan menggunakan data *band 10* dari satelit Landsat-8 sebagai algoritma *Land Surface temperature*.
7. Penelitian ini berlokasi pada kawasan Semeru secara geografis terletak pada koordinat *8.086389 LS s/d 8.276389 LS* dan *112.870833 BT s/d 113.161667 BT*.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Erupsi Semeru

PVMBG telah menyerukan kepada pemerintah Kawasan dan masyarakat agar antisipasi bahaya erupsi gunung Semeru dengan menentukan kawasan rawan bencana. Peta kawasan rawan bencana telah dibuat dan disosialisasikan kepada masyarakat agar dapat mewaspadai ancaman bahaya yang ditimbulkan oleh erupsi gunung Semeru. Menurut Andriani, pemetaan kawasan rawan bencana telah menunjukkan sejarah kejadian dari ancaman bencana yang berkaitan langsung dengan erupsi gunung Semeru yang telah terjadi di masa lampau. Korban yang telah mengalami luka bakar akibat erupsi dapat dipastikan ada pada posisi kawasan rawan bencana tingkat 3. Sedangkan korban-korban yang terkena banjir lahar berada di kawasan Hilir (PVMBG, 2021).



Gambar 2.1 Hilangnya vegetasi pasca letusan (PVMBG, 2021)

Menurut Rahayu dalam bukunya menjelaskan bahaya dari erupsi gunung terbagi menjadi dua: bahaya primer dan bahaya sekunder. Bahaya primer adalah bahaya yang terkena langsung dan memiliki dampak yang besar ketika letusan terjadi: awan panas, gas beracun, aliran lava, dan lain sebagainya. Sedangkan bahaya sekunder adalah bahaya yang terjadi secara tidak langsung dan pada

umumnya berlangsung setelah bahaya letusan tersebut terjadi, contohnya adalah lahar dingin yang menyebabkan kerusakan lahan dan pemukiman (Rahayu, 2014).

Bencana gunung erupsi dapat mempengaruhi kawasan pemukiman dan tata guna lahan lainnya, contohnya: awan panas atau wedus gembel, aliran lahar, batuan pijar hujan abu, gas beracun, dan aliran lava. Bencana paling utama erupsi gunung berupa awan panas dan aliran lava pada saat terjadinya erupsi. Suhu permukaan tanah pada saat terjadinya erupsi dapat mencapai temperature sekitar 60 derajat celcius. Sedangkan bencana sekunder terjadi berupa aliran lahar dingin atau bahan piroklastik (PVMBG, 2015).

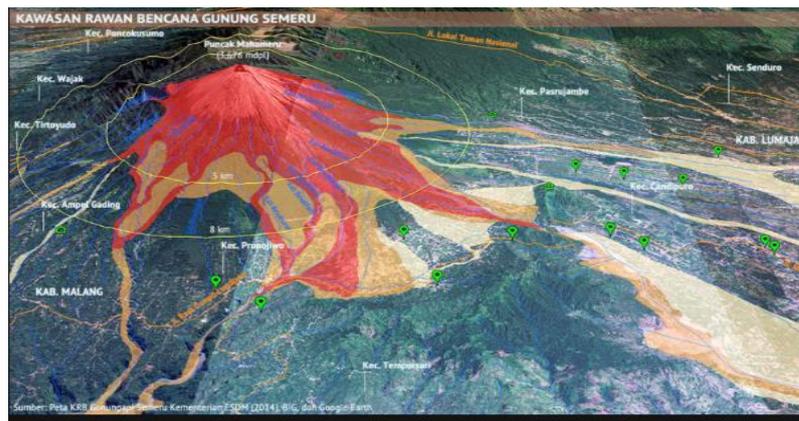
Menurut PVMBG tahun 2012 dalam mengatasi bencana letusan dapat dibagi menjadi beberapa macam: pertama persiapan sebelum atau pra erupsi, saat erupsi, dan setelah erupsi atau pasca erupsi. Gunungapi sendiri merupakan gugusan atau kerucut dan sejenisnya yang berada di permukaan bumi dan terbentuk dari gugusan gunung atau tempat dimana batuan cair atau magma yang bersumber dari dalam bumi (Nurjannah, 2012).

Karakteristik kawasan rawan bencana erupsi gunung, antara lain:

Tabel 2.1 Karakteristik KRB Erupsi Gunung

KRB	. Ciri-Ciri
Kawasan Rawan Bencana (KRB) I	Kawasan rawan bencana benda jatuh termasuk abu dan kemungkinan terkena batuan pijar dalam radius lingkaran 8 km dari pusat letusan Gunung Semeru tanpa memperhatikan arah angin
Kawasan Rawan Bencana (KRB) II	Kawasan rawan bencana bahan pelembaran batu (pijar), dan hujan abu lebat dalam radius 5 km lingkaran dari

	kawah aktif di puncak Gunung Semeru tanpa memperhitungkan arah angin.
Kawasan Rawan Bencana (KRB) III	Kawasan Rawan Bencana (KRB) III, adalah wilayah masih terkena awan panas (wedus gembel), aliran lahar, lontaran material dan jatuhan batuan (pijar).



Gambar 2.2 Peta rawan Bencana Semeru *Sumber: (PVMBG, 2021).*

Tabel 2.2 Upaya Mitigasi Bencana Erupsi

Upaya	Keterangan
Pemantauan	aktivitas vulkanik dipantau selama 24 jam menggunakan alat perekam gempa (seismik).
Tanggap Darurat	Responden darurat mengevaluasi laporan dan data, melatih tim tanggap darurat, mengirim tim ke lokasi, melakukan pengujian melalui integrasi.
Pemetaan	Kawasan Beresiko Bencana Vulkanik Peta dapat menggambarkan kategori

	dan sifat dari bencana vulkanik, Kawasan rawan bencana, panduan penyelamatan diri, tempat evakuasi dan stasiun penanggulangan bencana.
Penyelidikan gunung berapi	Selidiki gunung berapi menggunakan metode geologi, geofisika dan geokimia.
Sosialisasi	Lembaga sosialisasi melakukan kegiatan peningkatan kesadaran dengan pemerintah Kawasan dan masyarakat, terutama orang yang tinggal di sekitar gunung berapi.

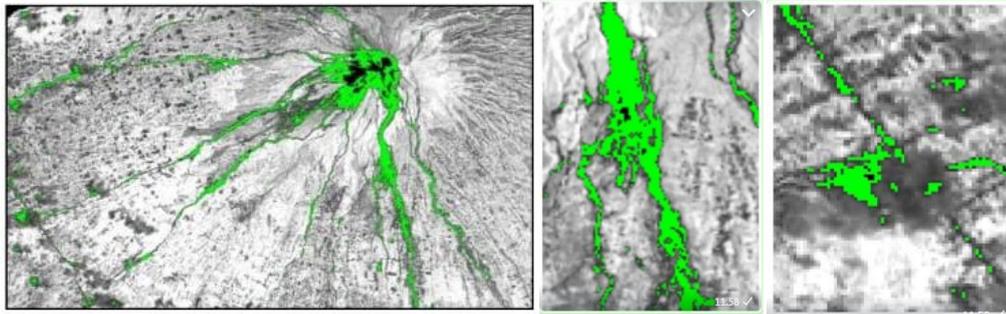
PVMBG berpendapat bahwa peta kawasan rawan bencana erupsi adalah proses pemetaan kawasan yang didasarkan pada hasil tingkat kerawanan terhadap ancaman yang timbul akibat bencana erupsi gunung, dimana ancaman tersebut dapat berbentuk aliran lava dan piroklastik. Material yang dipetakan dapat menjadi dasar untuk menentukan sejauh mana dan wilayah mana saja yang terancam oleh erupsi gunungapi tersebut (PVMBG, 2019). Upaya mitigasi letusan gunungapi yang saat ini dengan menggunakan sistem zonasi bencana. Sistem zonasi bencana dilakukan dengan menentukan pola aliran lava dan cakupan wilayah yang terimbas oleh letusan.

Menurut Direktorat vulkanologi dalam proses penetapan zona wilayah yang terkena erupsi atau rawan bahaya letusan gunung ketika terjadi hujan dapat

menyebabkan timbul banjir bandang atau lahar dingin yang menjadi sangat berbahaya apabila terdapat pemukiman. Hal tersebut dikarenakan lahar dingin dapat membawa material vulkanik, kemudian mengendap dan menutupi Kawasan sekitar gunung yang terkena bencana erupsi (Asriningrum, 2004).

Sebagaimana diketahui bahwa aliran lahar gunungapi menjadi salah satu ancaman yang berbahaya dari ancaman bahaya yang lainnya. Hal ini karena umumnya masyarakat yang tinggal di area yang dekat dengan kawah menyadari bahaya aliran piroklastik, sehingga dapat melarikan diri dari ancaman tersebut. Namun, masyarakat yang tinggal di area terpencil sebagai area yang potensial terkena lahar umumnya tidak sadar dan merasa berada pada lokasi yang aman (Crandell, et.al, 1984). Hal ini kemudian menimbulkan kerugian dan kerusakan. Pola aliran lahar ditentukan dengan menggunakan *NDVI* (Barbosa, 2006). Kondisi vegetasi yang buruk disebabkan karena bekas jalur lava letusan sebelumnya atau merupakan Kawasan patahan (Barbosa, 2006).

Penelitian yang dilakukan oleh Rijal (2014) dengan pengamatan visual menghasilkan *NDVI*, mampu menampilkan kumpulan piksel pada sungai yang dialiri lahar dari Gunungapi Merapi akan tetapi masih terdapat kekeliruan pada pixel yang diidentifikasi sebagai lahar yakni objek awan yang sangat pekat (gelap) termasuk dalam satu kelas lahar, sebagaimana gambar 3 dibawah ini. Walaupun demikian *NDVI* dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya yakni mengidentifikasi lahar.



Gambar 2.3 Material vulkanik yang terdeteksi dengan *NDVI* (a) Aliran Lahar (b) Material Piroklastik (c) Awan Panas
(Sumber: Rijal, 2014)

Dengan adanya vegetasi sangat berperan penting dalam proses identifikasi Kawasan yang terkena erupsi. Dalam rentang nilai indeks vegetasi dapat menggambarkan nilai kerapatan vegetasi pada kawasan kajian pra erupsi dan pasca erupsi. Dari analisis yang dilakukan oleh reforma menunjukkan bahwa Kawasan mengalami penurunan nilai indeks vegetasi sangat parah dalam waktu singkat adalah wilayah yang terkena erupsi parah. Hal tersebut dikarenakan pada wilayah yang memiliki indeks vegetasi rendah tertutupi oleh penutup lahan berupa material vulkanik seperti awan panas (jatuhan piroklastik), aliran lahar, dan aliran piroklastik yang dapat menyebabkan kematian pada vegetasi (Reforma, 2018).

Selain itu, berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Reforma pada tahun 2018 juga menyatakan bahwa aktivitas erupsi gunung dalam memuntahkan lava yang memiliki suhu yang sangat panas sehingga dapat mempengaruhi *LST* dapat mengubah suhu permukaan tanah. Hal tersebut dapat diamati melalui pengamatan nilai suhu permukaan tanah sebelum dan sesudah terjadinya erupsi dengan menggunakan penginderaan jauh yang mempunyai sensor thermal. Ketika aliran lava atau awan panas mengenai suatu kawasan, maka terjadi perubahan suhu permukaan tanah dibandingkan sebelum kejadian tersebut (Reforma, 2018).

Chosnia menyatakan bahwa aktivitas vulkanik dapat menaikkan *LST* hingga 30 derajat celsius, jika dibandingkan sebelum erupsi. Pada bulan Agustus tahun 2018 panas bergeser ke arah utara dibandingkan bulan Juli tahun 2018 titik akan tetapi apabila dikorelasikan dengan kawah Krakatau titik panas masih di berada di di pusat kawah yang merupakan pusat kawah aktivitas vulkanik. Selain itu juga teramati lelehan lava yang memanjang dan memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan Kawasan sekitarnya (Chonisia, 2020).

Berikut tabel perbandingan suhu permukaan kawah pada masing-masing status:

Tabel 2.3 Perbandingan Suhu Kawah (Chonisia, 2020)

Permukaan (celsius)	10 km (celsius)	15 km (celsius)	Status (celsius)
0 – 32	0 – 35	0 – 37	Normal
33 – 37	35- 37	38 – 39	Waspada
38 – 39	38 – 40	40 – 41	Siaga
> 39	> 40	> 41	Awas

Berdasarkan kondisi gunung pasca erupsi yang cukup besar menyebabkan nilai *LST* lebih tinggi dari nilai *LST* pra erupsi. Hal ini terkait dengan nilai *NDVI* yang juga mengalami perubahan, dimana nilai *NDVI* setelah erupsi memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan sebelum erupsi. Dengan demikian terdapat hubungan antara suhu permukaan tanah (*LST*) dengan nilai indeks vegetasi (*NDVI*), yaitu semakin rendah indeks vegetasi (*NDVI*), semakin tinggi suhu permukaan tanah (*LST*) dan sebaliknya. Hal ini juga merupakan hasil uji korelasi yang ditampilkan dalam bentuk diagram pencar (Urfiyah, 2016).

Citra indeks vegetasi dapat membentuk pola aliran lahar yang merupakan hasil dari akibat aktivitas vulkanik. Kawasan yang berpotensi terkena letusan gunung berapi di Indonesia pada dasarnya berada di kawasan hutan lindung atau cagar alam dengan permukaan yang sebagian tertutup dengan tutupan lahan berupa material vulkanik. Di sisi lain, tutupan lahan yang terbentuk dari material vulkanik dapat menimbun kawasan pemukiman di sekitar kawasan vulkanik yang mengalami erupsi. Sedangkan citra LST dapat menunjukkan pola aliran lava yang mana telah diketahui bahwa aliran lava sangat berbahaya dan mengancam keberadaan dari makhluk hidup. Hal tersebut juga dapat meningkatkan kerawanan akan ancaman dan bahaya yang ditimbulkan oleh bencana erupsi (Bujung, 2010).

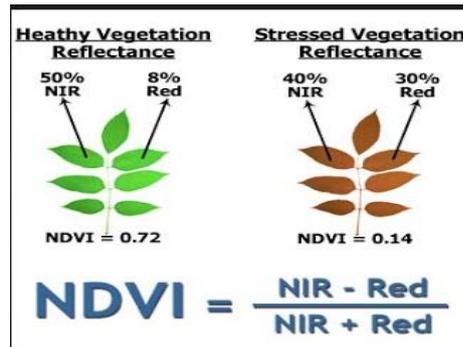
Dari penjelasan tersebut di atas dapat dipahami adanya keterkaitan antara Kawasan rawan bencana erupsi gunung dengan suhu permukaan tanah dan indeks vegetasi. Suhu permukaan tanah dapat menunjukkan pola-pola aliran lava yang dijadikan sebagai kunci dalam penentuan kawasan rawan bencana erupsi Gunung (Refoma, 2018). Sementara itu, indeks vegetasi yang dapat menunjukkan sebaran dari material letusan dan lahar yang berfungsi sebagai penentu kawasan terkena letusan dan kawasan rawan bencana erupsi gunung (Widya, 2018).

2.2 NDVI

Menurut Lillesand (1997) yang menyatakan bahwa indeks vegetasi merupakan indeks yang dapat menggambarkan tingkat kehijauan suatu jenis tumbuhan. Indeks vegetasi juga merupakan kombinasi matematis dari band Red dan NIR yang dapat menjadi indikator keberadaan dan kondisi vegetasi (Lillesand, 1997). Proses perambatan gelombang indeks vegetasi diperoleh dari energi yang telah dipancarkan oleh satelit kemudian dipantulkan oleh vegetasi dan ditangkap oleh

satelit. Vegetasi dapat menyerap dan memancarkan gelombang yang berbeda sesuai dengan tingkatannya. Sehingga dapat membedakan antara vegetasi dan non-vegetasi (*Manual Landsat-8*, 2016).

Berikut pola penyerapan antara tanaman sehat dan tidak sehat menggunakan sensor *Red* (band 4) dan NIR (band 5):



Gambar 2.4 NDVI pada Tumbuhan (Refoma, 2018)

Diketahui bahwa *Landsat-8* memiliki band *Red* dan *NIR*. Kerusakan vegetasi dapat disebabkan oleh bencana seperti letusan gunung berapi atau tsunami. Letusan gunung berapi telah menimbulkan risiko yang sangat besar dan berdampak pada kondisi vegetasi di sekitar kawasan pegunungan (Ryan, 1997).

Tabel 2.4 Indikasi Indeks Vegetasi (*Manual Landsat*, 2016)

Nilai	Indikasi
< 0.1196	non vegetasi
0.1196- 0.2851	vegetasi buruk
0.2851 – 0.4506	vegetasi baik
0.4506-0.6161	vegetasi sangat baik

Nilai NDVI dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{IR-R}{IR+R} \quad (2.1)$$

IR = Nilai Reflektansi pada *band 4* (kanal *Infrared*) dari *landsat-8*

R = Nilai Reflektansi pada *band 5* (kanal *Red*) dari *landsat-8*

2.3 LST

Menurut Farida (2014) *Land Surface Temperatur* adalah istilah untuk suhu rata-rata dalam cakupan piksel dari berbagai permukaan yang berbeda (Farida dan Krisbiantoro, 2014). Nilai LST dipengaruhi oleh panjang gelombang, dimana panjang gelombang yang paling sensitif terhadap suhu permukaan tanah adalah infrared termal. Namun pada dasarnya setiap panjang gelombang peka terhadap respon perubahan suhu yang mempengaruhi nilai pantul benda. Untuk dapat mengetahui informasi LST dilakukan proses identifikasi suhu permukaan tanah dengan memanfaatkan gelombang termal yang terdapat pada citra satelit (Farida, 2014).

Selain itu, Darlina juga berpendapat bahwa suhu permukaan tanah merupakan suhu terluar dari permukaan benda-benda darat di bumi. Dalam mengamati suhu permukaan tanah dapat diamati dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh yaitu menggunakan citra satelit yang memiliki sensor termal seperti Landsat-5 dan 8 (Darlina, 2018). Data citra satelit landsat yang baru diunduh berupa *Digital Number* (DN), sehingga perlu dilakukan beberapa tahap konversi untuk mendapatkan nilai suhu permukaan tanah yang sebenarnya (Mukmin, 2016).

Suhu permukaan tanah diperoleh dari citra satelit dalam beberapa tahap. Menurut manual *Landsat-8* (2016), untuk mengubah *digital number* (DN) dari band termal *Landsat-8* (band 10) menjadi *radian spektral* (L_λ), digunakan persamaan berikut:

$$L_\lambda = Q_{cal} M_L + A_L \quad (2.2)$$

L_λ = Spectral radiance (Watts/($m^2 \times \text{srad} \times \mu\text{m}$))

M_L = Faktor pengali pada band spesifik (pada metadata band 10)

A_L = Faktor penambah pada band spesifik (pada metadata band 10)

Q_{cal} = *Quantize Cal* atau *Digital Number (DN)*

Langkah selanjutnya adalah mengubah nilai *radiasi spektral* (L_λ) ke *Brightness temperaturee* (T_B) gunakan persamaan berikut (USGS, 2015):

$$T_B = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} - 273 \quad (2.3)$$

T_B = Suhu Kecerahan ($^{\circ}\text{C}$)

L_λ = *Spectral radiance* (Watts/($m^2 \times \text{srad} \times \mu\text{m}$))

K_1 = Konstanta kalibrasi pada band termal (pada *band 10*)

K_2 = Konstanta kalibrasi pada band termal (pada *band 10*)

Untuk mendapatkan *LST* terlebih dicari Proposi Vegetasi dan emisivitas dengan rumus (Landsat-8 Manual, 2016):

$$PV = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (2.4)$$

$$\varepsilon = 0.004 * PV + 0.986 \quad (2.5)$$

PV = Proposi Vegetasi

ε = emisivitas

Berikut rumus *LST* yang diperoleh dari persamaan berikut (*Landsat-8 Manual*, 2016):

$$LST = \frac{T_B}{\left\{ 1 + \left[\left(\frac{\lambda T_B}{C_2} \right) (\ln \varepsilon_\lambda) \right] \right\}} \quad (2.6)$$

LST = Suhu Permukaan Tanah ($^{\circ}\text{C}$)

λ = panjang gelombang yang dipancarkan (μm) *band 10*

$$C_2 = 14388 \mu m K$$

Tabel 2.5 Klasifikasi Land Surface Temperature (Lillesand, 1997)

LST (celsius)	Klasifikasi
<15.649	Rendah
15.649 s/d 31.001	Sedang
31.001 s/d >49	Tinggi
=> 50	Sangat tinggi

2.4 Landsat-8

Pengukuran *LST* dan *NDVI* dalam pemetaan rawan bencana akibat erupsi Gunung Semeru dilakukan dengan menggunakan metode penginderaan jauh melalui satelit. Menurut Sutanto (1992), penginderaan jauh dapat menunjukkan proses perekaman, pengamatan, dan penangkapan terhadap fenomena, objek atau peristiwa dari jarak tertentu, dimana sensor tidak bersentuhan langsung dengan objek yang diamati. Sehingga diperlukan suatu media untuk menyampaikan informasi dari objek ke sensor melalui media tersebut. Salah satu alat atau media yang paling sering digunakan dalam penginderaan jauh adalah kendaraan satelit yang berfungsi sebagai transmisi energi elektromagnetik. Energi *EM* dapat menunjukkan fenomena gelombang yang ditransmisikan secara transversal. Berdasarkan fenomena gelombang yang digambarkan sebagai gerak ayun harmonik dengan frekuensi dan kecepatan tertentu atau digambarkan sebagai gerak sinusoidal. Hal ini dapat dinyatakan dalam persamaan fisika dasar sebagai berikut (Sutanto, 1992):

$$c = f \times \lambda \quad (2.7)$$

c = kecepatan cahaya ($3 \times 10^8 m/s$)

f = frekuensi (Hz)

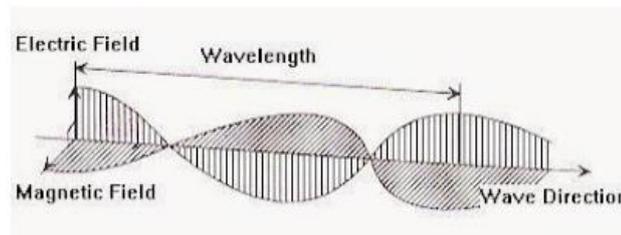
λ = panjang gelombang (m)

Sifat radiasi elektromagnetik lebih mudah dijelaskan dengan menggunakan teori gelombang, tetapi hubungan antara energi elektromagnetik dan objek lain dapat ditunjukkan oleh teori partikel. Dalam teori partikel menyatakan bahwa energi elektromagnetik terdiri dari beberapa bagian yang terpisah atau yang disebut foton. Hubungan antara teori gelombang dan teori kuantum dalam perilaku radiasi elektromagnetik dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$E = hc/\lambda \quad (2.8)$$

E = Energi foton (eV)

h = tetapan planck ($6,6 \times 10^{-34} \text{ Js}$)



Gambar 2.5 Penjalaran Gelombang Elektromagnetik
(Sumber: Sutanto, 1992)

Semua benda pada suhu di atas nol derajat mutlak (0°K , atau -273°C) dapat memancarkan radiasi elektromagnetik secara terus menerus. Oleh karena itu, benda-benda di bumi termasuk sumber radiasi. Meskipun terdapat perbedaan pada besar dan panjang spektralnya. Besarnya energi yang dipancarkan oleh suatu benda dapat disebut sebagai fungsi suhu objek tersebut. Hal ini ditunjukkan oleh Hukum Stefan Boltzman menyatakan bahwa (Susilo, 2017):

$$I_{total} = e \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (2.9)$$

I_{total} = Intensitas radiasi oleh benda hitam (Watt/m)

$\sigma =$ tetapan Stefan-Boltzman ($5.67 \times 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$)

$T^4 =$ Suhu mutlak (K^4)

Semua radiasi elektromagnetik yang dipancarkan melewati atmosfer dapat dideteksi oleh sensor penginderaan jauh pada jarak dengan panjang gelombang tertentu. Fotografi luar angkasa telah menghasilkan radiasi elektromagnetik yang dipancarkan menuju bumi kemudian dipantulkan kembali telah melewati dua kali ketebalan penuh atmosfer bumi dalam perjalanannya dari sumber radiasi ke sensor. Di sisi lain, sensor termal yang mendeteksi energi yang dipancarkan oleh bumi melalui panjang gelombang yang relatif pendek di atmosfer. Perbedaan jarak yang ditempuh, kondisi atmosfer, panjang gelombang yang digunakan, dan besarnya sinyal dari energi dapat mempengaruhi variasi total atmosfer. Pengaruh atmosfer sangat bervariasi pada intensitas radiasi yang dipancarkan oleh benda hitam terhadap sistem penginderaan satelit. Hal ini disebabkan oleh mekanisme hamburan dan penyerapan oleh atmosfer (Sutanto, 1992).

Interaksi energi elektromagnetik dengan benda-benda di permukaan bumi sebagian energi yang mengenai benda-benda di permukaan bumi dapat dipantulkan, diserap, atau diteruskan. Hal ini berlaku hukum fisika, yaitu kekekalan energi. Dalam hukum kekekalan energi yang menyatakan hubungan timbal balik antara ketiga jenis hubungan energi yang dapat dirumuskan sebagai berikut (Sutanto, 1992):

$$E1(\lambda) = ER(\lambda) + EA + ET(\lambda) \quad (2.10)$$

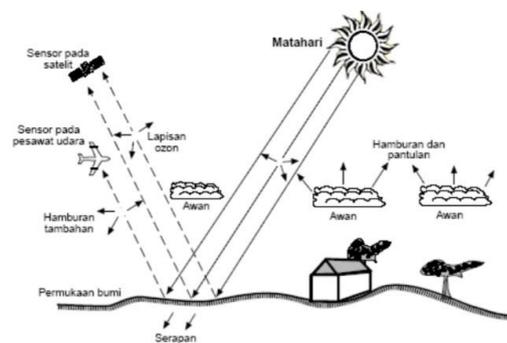
$E1(\lambda)$: Energi yang mengenai objek

$ER(\lambda)$: Energi yang dipantulkan

EA : Energi yang diabsorbsikan

$ET(\lambda)$:Energi yang ditransmisikan

Dari persamaan di atas merupakan salah satu persamaan kesetimbangan yang menggambarkan interaksi timbal balik antara mekanisme pemantulan, penyerapan, dan transmisi. Sehingga dapat diambil dua garis besar, antara lain: 1. Sebagian energi yang dipantulkan, diserap, dan diteruskan menjadi berbeda-beda tergantung dari jenis bahan dan keadaan benda di permukaan bumi, dari perbedaan tersebut lebih mudah untuk membedakan objek dalam suatu citra satelit. 2. Dengan panjang gelombang yang berbeda untuk objek yang sama, bagian dari energi pantul yang diserap dan ditransmisikan kemungkinan akan berbeda. Hal ini menghasilkan variasi spektral yang dapat menghasilkan efek visual yaitu warna (Sutanto, 1992). Variasi sepektral tersebut menunjukkan perbedaan energi spektral yang terdeteksi oleh sensor dan dapat dikonversikan dalam ukuran temperatur objek sesuai dengan persamaan Stefan-Boltzman. Gambar 2.6 di bawah ini memperlihatkan interaksi radiasi elektromagnetik dari matahari dan terdeteksi oleh sensor yang ada di satelit.



Gambar 2.6 Interaksi Energi EM dengan Bumi (Sumber: Sutanto, 1992)

Salah satu satelit yang digunakan dalam penginderaan jauh khususnya pada pemetaan Kawasan rawan erupsi Gunung Semeru melalui pendeteksian LST dan NDVI adalah Landsat. Landsat adalah salah satu satelit yang diterbitkan oleh NASA dan berfungsi untuk mengumpulkan data tentang sumber daya alam di bumi. Sedangkan satelit Landsat-8 merupakan satelit tipe Landsat yang diterbitkan pada

tanggal 11 Februari 2013 di wilayah California, Amerika Serikat. Hasil rekaman Landsat dapat diunduh secara bebas dan tersedia dalam beberapa sumber, antara lain: *earth explorer* atau *Look viewer* dan *Glovis* (USGS, 2022).

Satelit Landsat 8 membutuhkan waktu sekitar 99 menit untuk dapat mengorbit. Sedangkan setiap 16 hari sekali, satelit Landsat-8 dapat mencitrakan seluruh permukaan bumi. Selain itu, satelit Landsat-8 memiliki 2 sensor, antara lain: *Operational Land Imager (OLI)* dan *Temperatur InfraRed Sensor (TIRS)* yang merupakan sensor unggulan Landsat-8. Selain sensor, satelit Landsat-8 juga memiliki 11 band yang terdiri dari 9 band spektral dan 2 band termal. Untuk akurasi geodesi dan geometrik, satelit *Landsat-8* sangat baik dibandingkan dengan satelit *Landsat* sebelumnya (USGS, 2013).



Gambar 2.7 Satelit *Landsat-8* (USGS, 2017)

Diketahui bahwa satelit *Landsat-8* memiliki sensor *OLI* yang berfungsi untuk mengumpulkan data menggunakan spesifikasi resolusi spasial dan spektral yang sangat konsisten dibandingkan dengan *Landsat* sebelumnya (USGS, 2017). Menurut Kevin (2019), penggunaan band 4 (*Red*) dan band 5 (*NIR*) dalam pendeteksian indeks vegetasi sangat penting karena band 4 dapat menunjukkan perbedaan kemiringan vegetasi, sedangkan band 5 berfungsi sebagai penekan kandungan biomassa di garis pantai. Di sisi lain, pada *band 10*, sensor termal dapat menunjukkan pemetaan termal dan kelembaban tanah (*Landsat-8 Manual*, 2016).

Band 11 tidak digunakan karena ketidakpastian kalibrasi sensor pada band ini mulai 29 Maret 2016.

Tabel 2.3 Band-Band pada Landsat-8 (Sumber: www Landsat.usgs.gov, 2021)

<i>Landsat-8</i>	<i>Band</i>	<i>Panjang Gelombang (μm)</i>	<i>Resolusi (m)</i>
<i>Operational Land Imager</i>	<i>Band 4 – Red</i>	<i>(0.636 – 0.673 μm)</i>	<i>resolusi 30 m</i>
<i>Operational Land Imager</i>	<i>Band 5 - Near- Infrared</i>	<i>(0.851 – 0.879 μm)</i>	<i>resolusi 30 m</i>
<i>Thermal InfraRed Sensor</i>	<i>Band 11 - TIRS-2</i>	<i>(11,50 -12,51 μm)</i>	<i>resolusi 100 m</i>

Quantum GIS (QGIS) merupakan salah satu dari aplikasi Sistem Informasi Geografis open source dan lintas platform yang dapat berjalan di sejumlah sistem operasi termasuk Linux. *QGIS* bisa dikatakan memiliki kemampuan yang sama dengan perangkat lunak pemetaan terkenal seperti *ArcGIS* dan *MapInfo*. Operasi dasar pada pemrosesan data spasial dapat dilakukan dengan menggunakan *QGIS* yang lebih ringan (tidak memerlukan spesifikasi perangkat keras yang tinggi), murah (tidak perlu lisensi karena open source) dan bahkan dapat dikembangkan lebih lanjut sesuai dengan minat penggunanya. *QGIS* dapat digunakan untuk pemrosesan data spasial dan atribut tugas-tugas umum seperti overlay layer, menghitung luas suatu area, memberikan informasi tambahan pada suatu titik, atau merancang tata letak peta (Astrini, 2014).

QGIS juga mendukung penggunaan *GPS*, Pengguna dapat langsung unggah/ekspor dan atau unduh/impor data langsung dari *GPS* ke *PC* atau

sebaliknya. *QGIS* memiliki fitur dan fungsi yang dibutuhkan pengguna *SIG* secara umum, oleh karena itu sangat layak untuk digunakan sebagai alternatif perangkat lunak pemetaan untuk berbagai keperluan seperti pemetaan untuk perencanaan tata ruang atau penyusunan peta tematik dalam berbagai kajian. *QGIS* bisa berjalan di semua platform Sistem Operasi (OS) baik *Windows(TM)*, *Mac* serta *Linux*. *QGIS* pertama kali dirilis pada tahun 2002. Sampai sekarang *QGIS* telah tiba di versi 2.2. Valmiera (Astrini, 2014).

2.6 Penelitian Terdahulu

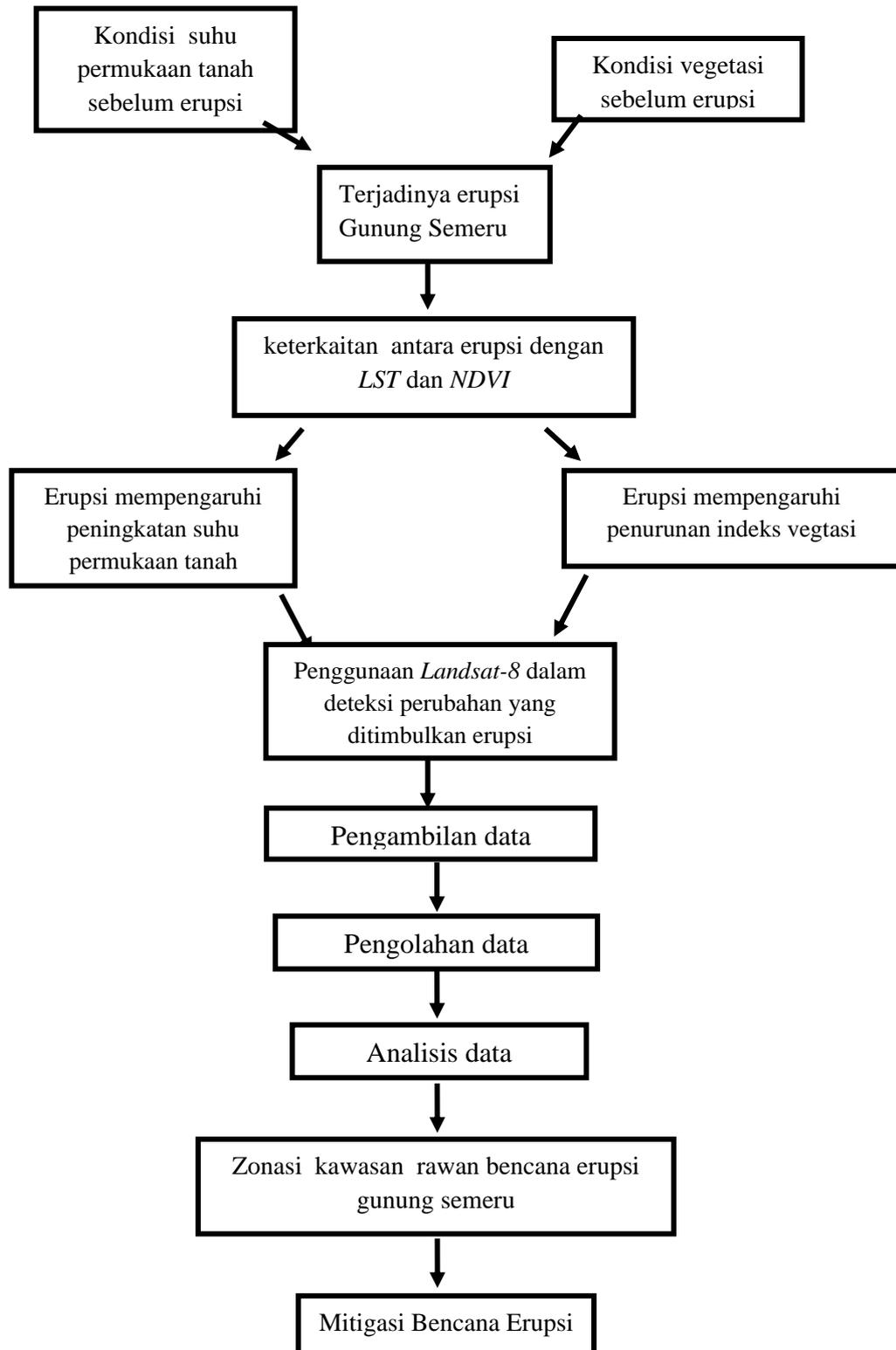
Berikut merupakan kumpulan-kumpulan dari penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai acuan penelitian kali ini:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Betti (2014) menunjukkan bahwa indeks vegetasi di lereng selatan Gunung Merapi mengalami perubahan spasial dan temporal yang ditandai dengan perubahan nilai indeks vegetasi pra erupsi tahun 2010 di Kawasan penelitian hampir sama, namun setelah erupsi terjadi di Kawasan yang terkena awan panas kerapatan vegetasi menurun.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Reforma (2018) menghasilkan perbedaan wilayah terkena erupsi Gunung Sinabung 2013-2014 antara hasil klasifikasi terpandu dan klasifikasi berdasarkan interpretasi visual. Luas wilayah yang terkena erupsi dari hasil klasifikasi digital sekitar 148.887 km^2 , sedangkan wilayah yang terkena erupsi dari hasil interpretasi visual adalah 141.757249 km^2 . Namun, hasil interpretasi visual dari area terkena letusan dinilai lebih efektif dalam merepresentasikan area terkena letusan.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Ariyadi (2014) menghasilkan dampak erupsi Merapi yang dapat mengancam kawasan permukiman di kecamatan

Kemalang dapat di lihat seberapa besar wilayah pada masing-masing desa yang dapat terkena resiko dampak erupsi Merapi.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Regina (2018) menghasilkan suhu permukaan tanah pra erupsi mempunyai nilai tertinggi sekitar $36,1^{\circ}\text{C}$ dan terendah sekitar $6,7^{\circ}\text{C}$. Suhu permukaan tanah pasca erupsi mempunyai angka tertinggi sekitar $51,4^{\circ}\text{C}$ dan terendah sekitar $12,7^{\circ}\text{C}$. hasil tersebut terjadi kenaikan sekitar $15,2^{\circ}\text{C}$ pada angka tertinggi dan $6,0^{\circ}\text{C}$ pada angka terendah .
5. Penelitian yang dilakukan oleh Cindy (2016) dalam menentukan zonasi sebaran lahar dan wilayah yang rusak akibat erupsi Gunung Sinabung dari tahun 2010 hingga 2016 meliputi Kecamatan Naman Teran, Kecamatan Tiga Derket, Kecamatan Simpang Empat dan Kecamatan Payung. Dari tahun ke tahun nilai kerapatan luasan vegetasi mengalami penurunan sebesar 75% dari tahun 2010 dengan luas 59585,94 hektar menjadi 631,8 hektar pada tahun 2016.

2.7 Kerangka Berpikir



Gambar 2.8 Kerangka Berpikir

Dari Gambar 2.8 kerangka berpikir dapat diketahui bahwa erupsi adalah suatu aktivitas gunung vulkanik aktif yang mengeluarkan gas dan lava dari lubang vulkanik. Sebelum erupsi terjadi, biasanya beberapa wilayah yang berdekatan dengan lokasi gunung mengalami kenaikan suhu permukaan tanah.

Hubungan keterkaitan antara erupsi terhadap vegetasi dan suhu permukaan tanah. Erupsi dapat mempengaruhi vegetasi, dengan adanya material padatan aktivitas yang dapat menyebabkan penimbunan pada vegetasi. Di mana pohon dan tumbuhan terkubur oleh timbunan material padatan dari letusan gunung. Dan wedus gembel atau awan panas atau *pyroclastic flows* dapat menyebabkan kebakaran yang menghanguskan vegetasi. Sehingga terjadi penurunan nilai indeks vegetasi atau *NDVI*.

Sedangkan hubungan antara erupsi gunung berapi dengan *LST* adalah aktivitas erupsi gunungapi memuntahkan magma yang memiliki suhu sangat panas sehingga dapat mempengaruhi suhu permukaan tanah (*Land Surface Temperature/LST*). Material erupsi vulkanis bersuhu tinggi diperkirakan dapat membawa pengaruh terhadap suhu pada lokasi terkena erupsi. Suhu yang tinggi tersebut menyebabkan terjadinya perubahan suhu, baik perubahan suhu permukaan udara maupun suhu tanah.

Kawasan Rawan Bencana Erupsi adalah kawasan yang berpotensi terlanda lahar, tertimpa material jatuhan berupa hujan abu, dan/atau air dengan keasaman tinggi. Apabila letusan membesar, kawasan ini berpotensi terlanda perluasan awan panas dan tertimpa material jatuhan hujan abu lebat, serta lontaran batu pijar (PVMBG, 2021). Penggunaan indeks vegetasi dalam penentuan kawasan rawan bencana erupsi gunung semeru disebabkan karena indeks vegetasi dapat

menunjukkan pola aliran lahar yang menjadi ancaman bencana yang ditimbulkan oleh erupsi sehingga meningkatkan kerawanan. Sedangkan suhu permukaan tanah dapat menunjukkan pola yang dibentuk oleh aliran lava cair yang sangat berbahaya dan menimbulkan ancaman bagi penduduk sekitar, sehingga dapat meningkatkan nilai kerawanan dari bencana yang ditimbulkan oleh erupsi gunung.

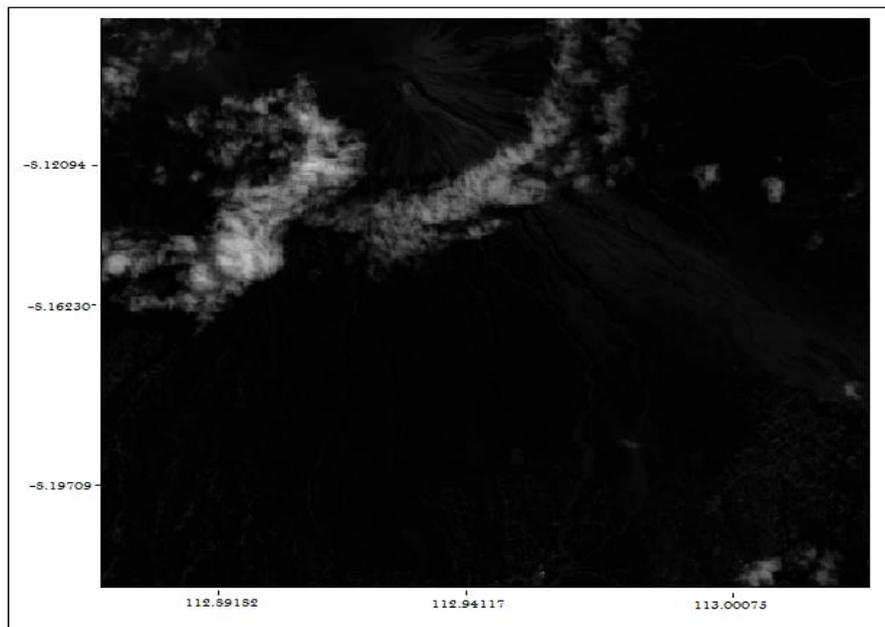
Peta KRB ini didasarkan pada hasil pemetaan pengamatan menggunakan citra landsat, yakni pemetaan pola aliran lava dan aliran lahar yang timbul akibat erupsi gunungapi tersebut. Pola-pola aliran tersebut yang dipetakan dapat menjadi dasar untuk menentukan sejauh mana dan wilayah mana saja yang terancam oleh erupsi gunungapi tersebut. Pembuatan peta rawan bencana merupakan salah satu aspek dari mitigasi dan kesiapsiagaan menghadapi bencana. Fungsi peta rawan bencana di antaranya adalah untuk menentukan perencanaan terhadap suatu wilayah yang berpotensi terkena terkena erupsi bencana kembali.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Kawasan Gunung Semeru yang terletak di kabupaten Lumajang dan Kabupaten Malang, secara geografis terletak koordinat pada 8.086389 LS s/d 8.276389 LS dan 112.870833 BT s/d 113.161667 BT.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Data

3.2.1 Alat Penelitian

Berikut ini merupakan peralatan yang digunakan pada proses penelitian ini, antara lain :

Tabel 3.1 Alat Penelitian

Perangkat	Nama Alat	Fungsi
<i>Hardware</i>	<i>Satelit</i>	<i>Operational Land Imager/temperature</i>
	<i>Landsat-8</i>	<i>InfraRed Sensor</i>

<i>Software</i>	<i>QuantumGIS</i>	<p>konversi data citra satelit, memvisualisasikan citra dan sekaligus pembuatan layout peta.</p> <p>Selain itu juga digunakan dalam pengolahan data citra satelit pada tahap koreksi radiometrik pembuatan batas Gunung Semeru, dan pembuatan peta rawan bencana.</p>
-----------------	-------------------	---

3.2.2 Jenis Data

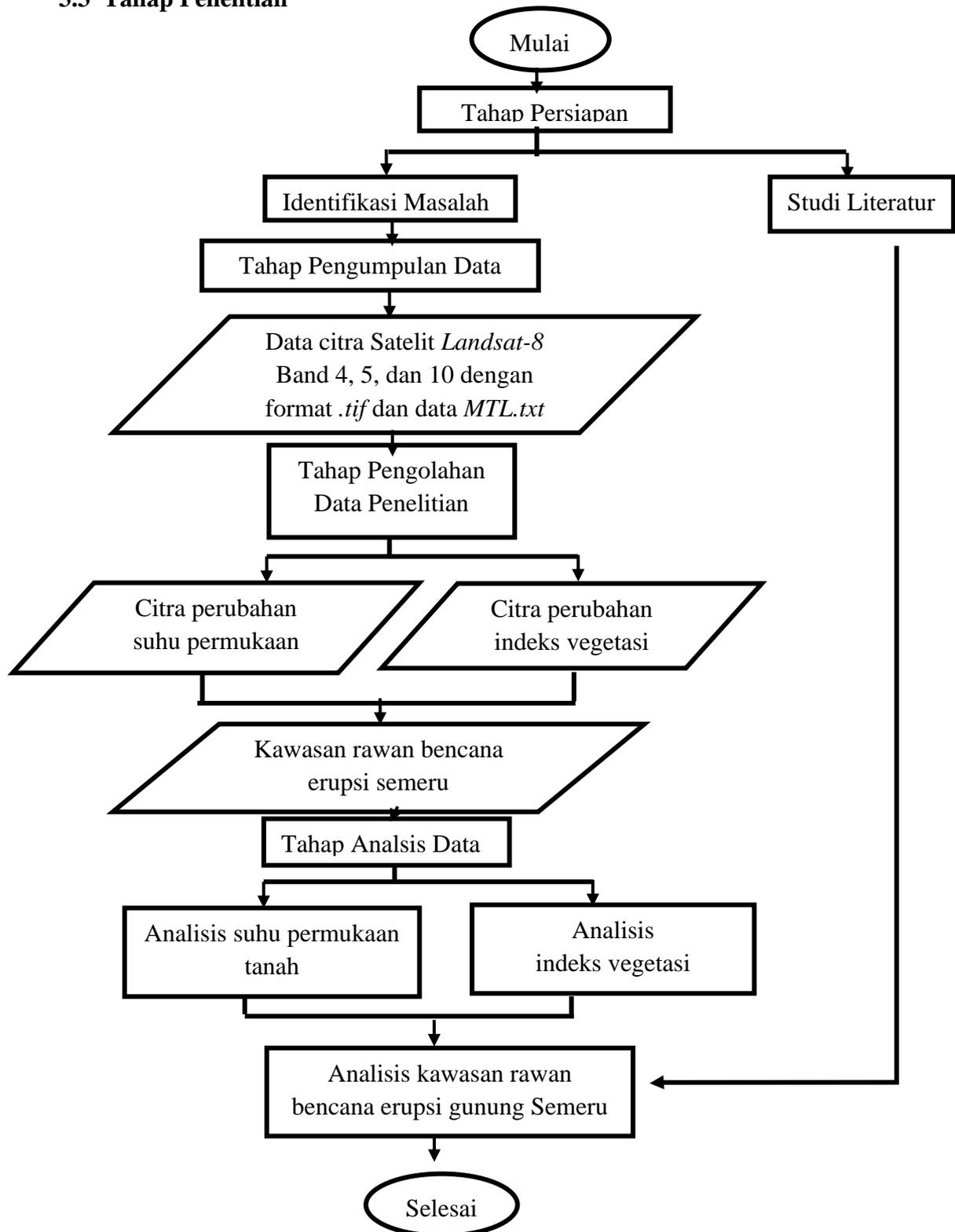
Data citra landsat-8 dan data pendukung yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

Tabel 3.2 Data Penelitian

Tanggal	Band/ kanal	Nama data
09 November 2021 s/d 23 November 2021	Band 4	LC08_L2SP_118066_20211109_20211123_ 02_SR_B4
09 November 2021 s/d 23 November 2021	Band 5	LC08_L2SP_118066_20211109_20211123_ 02_SR_B5
09 November 2021 s/d 23 November 2021	Band 10	LC08_L2SP_118066_20211109_20211123_ 02_ST_B10

24 November 2021 s/d 07 Desember 2021	Band 10	LC08_L2SP_118066_20211124_20211207_ 02_ST_B10
08 Desember 2021 s/d 22 Desember 2021	Band 4	LC08_L2SP_118066_20211208_20211222_ 02_SR_B4
08 Desember 2021 s/d 23 Desember 2021	Band 5	LC08_L2SP_118066_20211208_20211222_ 02_SR_B5
08 Desember 2021 s/d 23 Desember 2021	Band 10	LC08_L2SP_118066_20211208_20211222_ 02_ST_B10

3.3 Tahap Penelitian



Gambar 3.2 Alur Penelitian

3.3.1 Tahap Persiapan

Berikut merupakan tahap persiapan yang harus dilakukan dalam penelitian ini, antara lain:

1. Identifikasi Masalah

Dalam tahap persiapan terdapat langkah identifikasi masalah, langkah ini dilakukan dalam mengidentifikasi masalah yang dibahas dalam penelitian ini yaitu Bagaimana perubahan *Normalized Differensial Vegetation Indeks* sebelum dan setelah erupsi Gunung Semeru 2021. Bagaimana perubahan Land Surface Temperatur sebelum, saat dan setelah erupsi Semeru 2021. Bagaimana peta kawasan rawan bencana erupsi gunung Semeru dengan menggunakan data satelit *Landsat-8*.

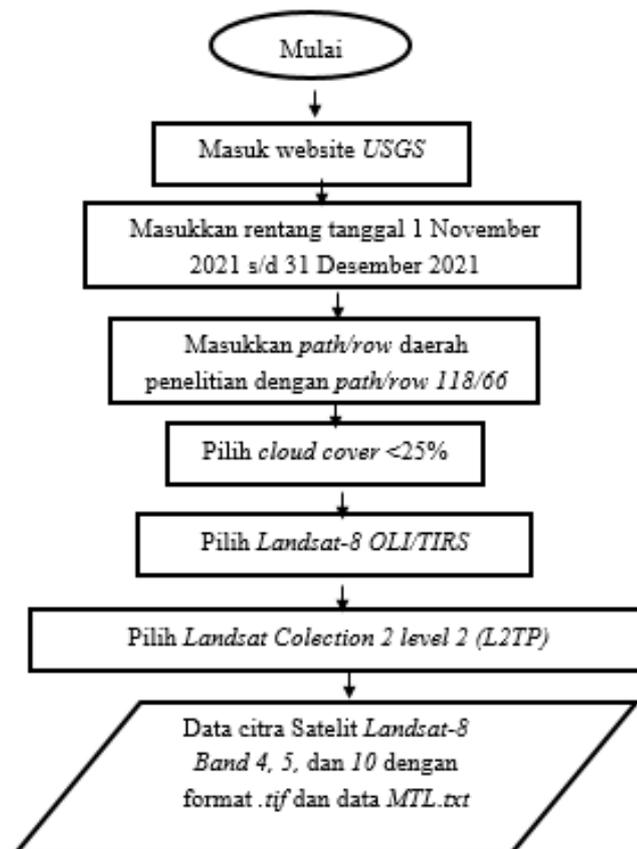
2. Studi Literatur

Tahap ini digunakan buku-buku yang menunjang materi penelitian dan jurnal maupun skripsi dari penelitian terdahulu. Dalam studi literatur ini dicari literatur yang berkaitan tentang erupsi gunung Semeru, kawasan rawan bencana erupsi gunung, *NDVI*, *LST*, keterkaitan *LST* dan *NDVI*, keterkaitan Erupsi terhadap *LST* dan *NDVI*, serta literatur tentang *Landsat-8*.

3.3.2 Tahap Pengumpulan Data

Data citra yang akan digunakan adalah citra Landsat 8 yang diambil pada tahun 2021 (tanggal 18 November dan 19 Desember) pada band 4 & 5 untuk sensor *Operational Imager Land* yang digunakan sebagai data citra *NDVI*, juga pada *band 10* untuk sensor *Thermal InfraRed* yang digunakan sebagai data *LST*. Semua data tersebut dapat diunduh secara gratis di website resmi *USGS* (<http://earthexplore.usgs.gov>) dengan kriteria *cloud cover* <25%. Semakin

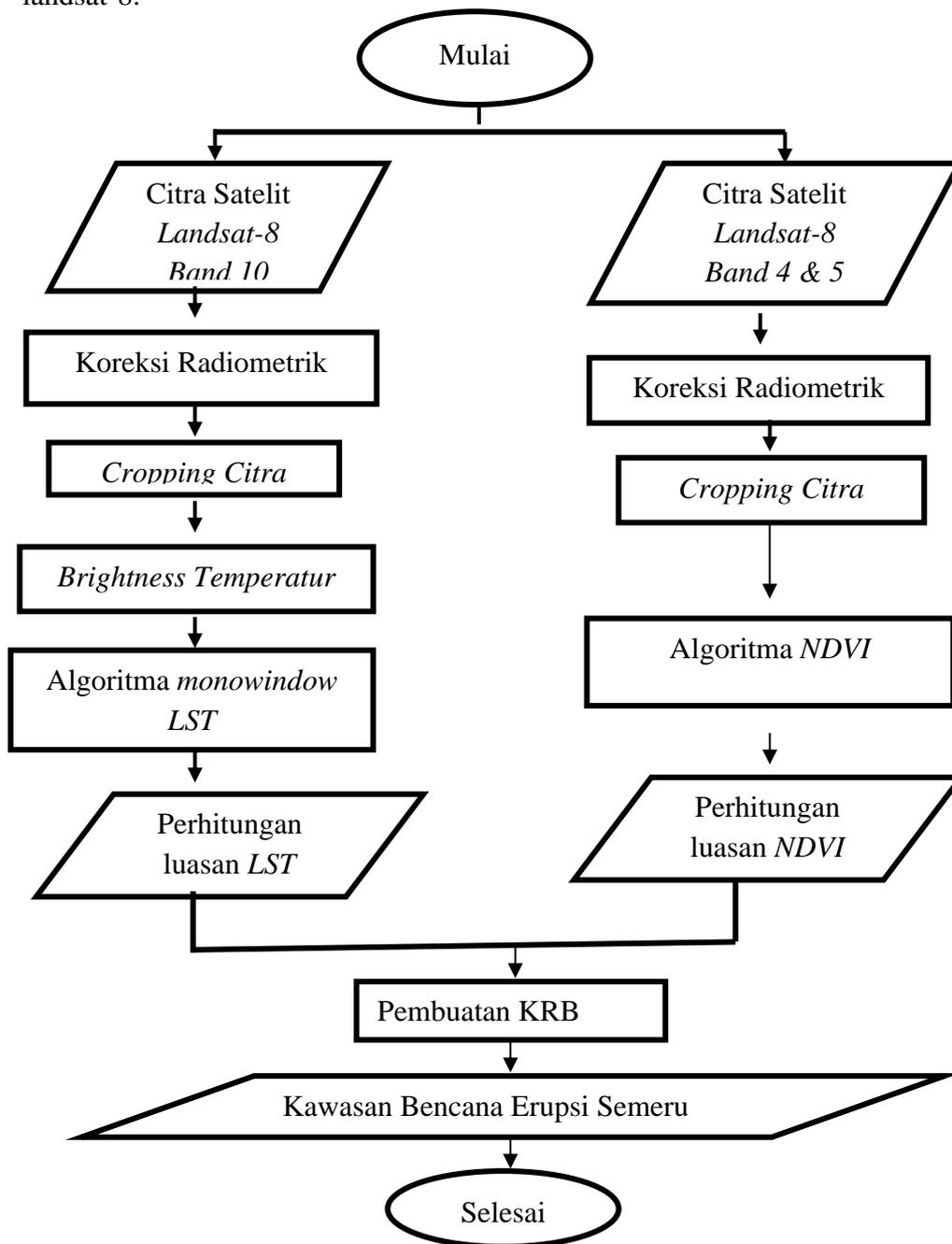
kecil nilai cloud cover maka citra yang dihasilkan semakin jelas karena awan yang menutupi langit semakin sedikit. Citra *Landsat-8* yang digunakan berada pada *path/row 118/66* yang menunjukkan kode lokasi penelitian. Pemilihan citra L2TP – level koreksi terbaik, karena telah dikoreksi precision. Lambang dari "T" dan "P" adalah menunjukkan terrain dan precision yang dikoreksi. Koreksi terrain dengan menggunakan data model elevasi digital (*DEM*) dan precision dengan menggunakan *Ground Control Point (GCP)*. L2TP digunakan untuk analisis multi-temporal. Kesalahan dalam proses koreksi geometris konfigurasi ini (*Root Mean Square Error, RSME*) dapat ditemukan di metadata citra. Proses pengumpulan data dapat dilihat dalam Bagan 3.2 diagram pengumpulan data citra satelit *Landsat-8*.



Gambar 3.3 Pengumpulan Data Citra *Landsat-8*

3.3.3 Tahap Pengolahan

Berikut merupakan keterangan dari berbagai tahapan prosesing data citra satelit landsat-8:



Gambar 3.4 Pengolahan Data

1. Koreksi Radiometrik

Dalam penelitian ini dilakukan koreksi radiometrik berfungsi untuk menghilangkan dan meminimalisir gangguan atmosfer dalam proses perekaman gambar. Pada umumnya gangguan tersebut dapat dapat absorpsi, penghamburan, dan reflektansi yang dapat membuat nilai *pixel* pada suatu Citra yang merupakan hasil rekaman yang berbeda dengan nilai *pixel* objek sebenarnya di lapangan. Koreksi ini juga disebut dengan *top of Atmosphere*. Dalam penelitian ini juga diterapkan koreksi reflektansi pada rantang spektral. Koreksi dilakukan pada QGIS dengan dibuka terlebih dahulu *raster-> Projections-> Warp (Reprojection)*.

2. Pemotongan Citra

Proses pemotongan citra dapat dilakukan untuk mempersempit area penelitian agar proses analisis data dapat lebih cepat dilakukan. Untuk memulai proses pemotongan hal pada citra landsat sama hal hanya dengan pemotongan citra yang lainnya. Sangat mudah sekali langkah dalam proses *cropping* citra atau *raster* di *QGIS* menggunakan menu *Raster -> Extraction -> Clipper*. Lalu setelah itu baru ditentukan *output file* sesuai yang diinginkan. Setelah itu dipilih "*Extent* atau *Mask layer*" pada bagian "*clipping mode*". Hal tersebut dilakukan agar dapat membuat *boundary* dengan menggunakan mouse di citra, maka diklik "OK" untuk mengcroping. Setelah itu mengcroping dengan *layer* maka pada bagian *Clipping Mode* dipilih *Mask layer* lalu klik "ok".

3. Perhitungan NDVI

Dalam pengolahan NDVI menggunakan *QuantumGIS*, citra band 4 dan 5 yang telah dikoreksi radiometrik menggunakan SCP-Plugin ditambahkan ke

layer *QGIS*, kemudian dibuka kalkulator raster. Persamaan *NDVI* dimasukkan ke dalam kalkulator raster. Berikut persamaan yang dimasukkan ke dalam kalkulator raster untuk mendapatkan *NDVI* sesuai dengan rumus: $(band\ 5 - band\ 4) / (band\ 5 + band\ 4)$. Setelah diperoleh citra hasil kalkulasi *NDVI*, kemudian ditentukan lokasi penyimpanan hasil pemrosesan di layer output. Kemudian tekan *OK*. Sedangkan output penyimpanannya tetap dengan format *GoeTIF* sebelum citra diolah. Periksa informasi di bagian bawah kotak rumus apakah rumus tersebut valid atau tidak. Dapat dilihat bahwa rumus yang dimasukkan valid (*valid expression*).

4. Perhitungan *LST*

Dalam pengolahan digunakan *band 10*, hal tersebut dikarenakan rekomendasi dari *USGS*. *USGS* menyarankan agar tidak menggunakan band 11 karena ketidakpastian kalibrasi sensor sejak perekaman 29 maret 2016. Perolehan nilai radian pada citra (band termal) diperoleh dengan persamaan yang telah disebutkan pada pembahasan sebelumnya. Nilai konstanta masing-masing didapatkan dari metadata citra yang diperoleh saat proses pengunduhan dengan format *MTL*. Dengan format *RADIANCE_MULT_BAND_X*, untuk nilainya pada setiap band berbeda-beda sehingga harus diperhatikan dalam input persamaannya. Dimasukkan citra band 10 yang belum dilakukan proses pengolahan pada *QGIS*, setelah itu buka raster calculator. Maka muncul tampilan *raster calculator*, namun sebelum memasukkan persamaan, hal yang harus dilakukan adalah ditentukan lokasi penyimpanan dari hasil pengolahan dioutput layer. Sedangkan outputnya tetap dengan format *GoeTIF* band 10, dimana format tersebut merupakan salah citra yang dijadikan sebagai input.

Untuk langkah yang selanjutnya adalah proses pengecekan keterangan yang ada di bawah kotak rumus, apakah rumus tersebut sudah valid atau tidak. Kemudian dibuka band calculator setelah itu dimasukan rumus radian spektral dengan nilai: $(0.000332 * \text{band } 10 + 0.1)$. Dimasukkan persamaan berikut untuk mendapatkan T_B sesuai rumus: $((1321.0789 / \ln(774.8853 / "L_sensor@10") + 1)) - 273$. Dilihat bahwa rumus yang telah dimasukkan adalah valid (*Expression valid*). Kemudian dihitung PV dengan menggunakan rumus 2.4 dan dihitung emisivitas dengan rumus 2.5, setelah itu dilakukan perhitungan terhadap $LST = (T_B / (1 + (0.00115 * T_B / 1.4388) * \ln(\epsilon)))$. Hasil akhir yang diperoleh dari pengolahan band termal (*band 10*) dengan digunakannya algoritma ini adalah peta suhu permukaan tanah (*Land Surface temperature*) yang dapat menggambarkan suhu permukaan pra, saat dan pasca erupsi Gunung Semeru.

5. Perhitungan Luasan *NDVI* dan *LST*

Setelah dilakukan perhitungan *LST* dan *NDVI*, kemudian dilakukan proses perhitungan luasan secara digital melalui QGIS. Diklik Processing pada menu toolbar, kemudian dipilih toolbox. Namun sebelum dilakukan proses perhitungan luasan, terlebih dahulu dilakukan proses klasifikasi dengan diklik *Reclassify by table* pada pencarian *processing toolbox*, kemudian diisi *fixed table* sesuai ketentuan yang berlaku. Ditentukan lokasi penyimpanannya kemudian diklik *run* untuk mengetahui proses tersebut berhasil atau tidak. Jika berhasil maka dapat dilanjutkan proses berikutnya yaitu perhitungan luasan dengan diklik pada pencarian *processing toolbox*, kemudian diisi parameters dengan dipilih *inputs selected*, kemudian pada units [*optional*] dipilih "k" langsung dipilih lokasi penyimpanan. Kemudian nanti muncul nilai luasan

dalam bentuk format *txt*.

6. Permodelan KRB

Dipilih menu “*Layer ▶ Create Layer ▶ New Shapefile Layer*”. Ditentukan jenis fitur poligon. Dipilih Sistem Referensi Koordinat/SRK yang digunakan WGS-84. Secara langsung, SRK terisi WGS84. Kemudian simpan terlebih dahulu dengan format *aliran_lava_Semeru* dan simpan sebagai shapefile (.shp). Data vektor muncul di layer panel. Dibuka NDVIpasca.tif diklik di toolbar. Dipilih *krb_semeru.shp* di layer panel. Klik tombol Toggle Editing klik tombol Add Feature dimulai digitasi dengan mengklik kiri satu kali di batas area. Diulang 2 kali pembuatan shp format *aliran_lahar_semeru.shp* dan *perluasan_lahar_dingin.shp*.

3.3.4 Tahap Analisis

Berikut merupakan tahapan analisis dalam penelitian kali ini, antara lain:

1. Analisis *Land Surface Temperatur*

Dari kedua citra tersebut, kemudian dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui perubahan suhu permukaan yang terjadi ketika erupsi tersebut. Proses analisis visual didasarkan perbedaan rona warna yang berbeda setelah melakukan pewarnaan hasil *LST* untuk mempermudah analisis suhu permukaan tanah. Selain itu juga dilakukan perbandingan antara dua citra tersebut untuk dapat mengetahui kawasan yang mengalami perubahan suhu permukaan paling rendah maupun tinggi yang diakibatkan oleh erupsi gunung semeru. Di sisi lain, juga dilakukan analisis terhadap perubahan luasan suhu permukaan tanah dengan digunakan diagram untuk mengetahui

seberapa tinggi rendahnya perubahan luasan indeks vegetasi yang terjadi sebelum, ketika berlangsung, dan setelah erupsi berlangsung.

Tabel 3.3 Analisis LST pada kawah

Tingkatan suhu	Sebelum	Erupsi	Sesudah
Terendah	2 s/d 10 celsius	45 s/d 50 celsius	<15 celsius
Tertinggi	30 s/d 39 celsius	60 s/d 95 celsius	32 s/d 33 celsius

Keterangan: suhu lava sekitar yang dapat teramati *Landsat-8* sekitar lebih dari 50 celsius.

2. Analisis Indeks Vegetasi

Dalam penelitian ini analisis visual digunakan sebagai analisis wilayah yang terkena erupsi dari perubahan indeks vegetasi dapat diketahui bahwa nilai indeks semakin rendah pada wilayah dengan terkena erupsi terparah. Hal ini karena nilai indeks rendah pada penutup lahan dengan kondisi keberadaan vegetasi yang rendah pula akibat kerusakan ataupun kematian pada vegetasi tersebut. Proses analisis visual didasarkan perbedaan rona yang berbeda setelah melakukan pewarnaan hasil *NDVI* untuk mempermudah dalam analisis perubahan indeks vegetasi. Selain itu juga dilakukan analisis terhadap perubahan luasan indeks vegetasi dengan digunakan diagram untuk membandingkan seberapa tinggi rendahnya perubahan luasan indeks vegetasi yang terjadi sebelum dan setelah erupsi berlangsung.

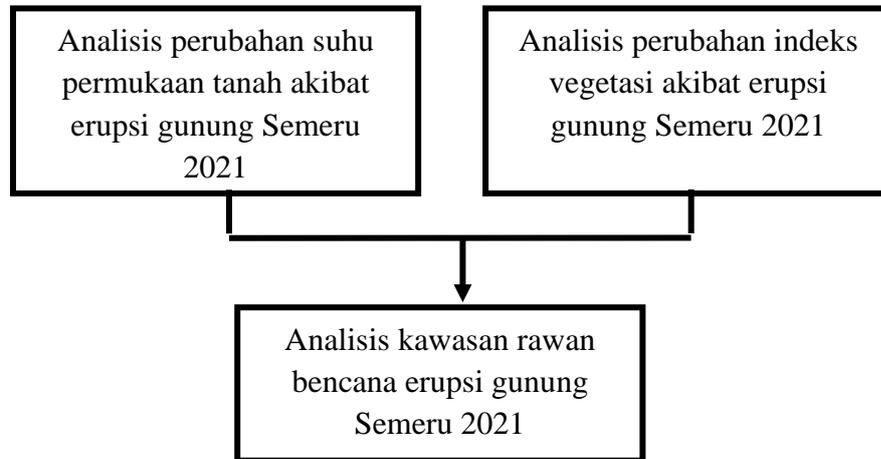
Tabel 3.4 pola aliran lahar dan sebaran material piroklastik

Jenis	Pola yang terdeteksi dengan NDVI
Aliran lahar	Memanjang, berkelok-kelok, dan memiliki warna yang tidak termasuk hijau, selain itu nilai pantulan indeks vegetasi di bawah 0.
Daerah terkena lahar dingin	Daerah yang terjadi penurunan vegetasi yang berada di sekitar aliran lahar
Daerah jatuhan awan panas	Daerah yang terjadi penurunan vegetasi dan memiliki pola seperti bulu domba.
Daerah bekas piroklastik	Daerah yang memiliki nilai indek vegetasi di bawah 0 dengan pola menggumpal-gumpal.

3. Analisis Kawasan Rawan Erupsi

Pada tahap analisis kawasan rawan bencana digunakan metode analisis berupa metode analisis poligon, metode ini digunakan untuk melihat tingkat kerawanan kawasan rawan bencana erupsi gunung Semeru yang berdasarkan citra indeks vegetasi. Hasil dari kemudian dibentuk pola pada sekitaran daerah aliran lahar, aliran lava, serta daerah yang terjadi penurunan indeks vegetasi di sekitar kawasan Gunung Semeru ini menunjukkan kondisi lahan yang berbeda-beda sesuai dengan nilai yang diberikan. Nilai pada tiap kondisi lahan yang telah dibuffer ini menghasilkan nilai yang nantinya dapat menentukan pemetaan tingkat kerawanan erupsi di kawasan penelitian. Daerah yang teraliri lava, lahan dingin, dan awan panas dapat diklasifikasikan sebagai KRB III. Daerah yang teraliri lahar dingin dan perluasan penurunan indeks vegetasi akibat timbunan material vulkanik dapat dikategorikan

sebagai KRB II. Serta daerah yang hanya teraliri lahar dingin dapat dikategorikan sebagai KRB I.

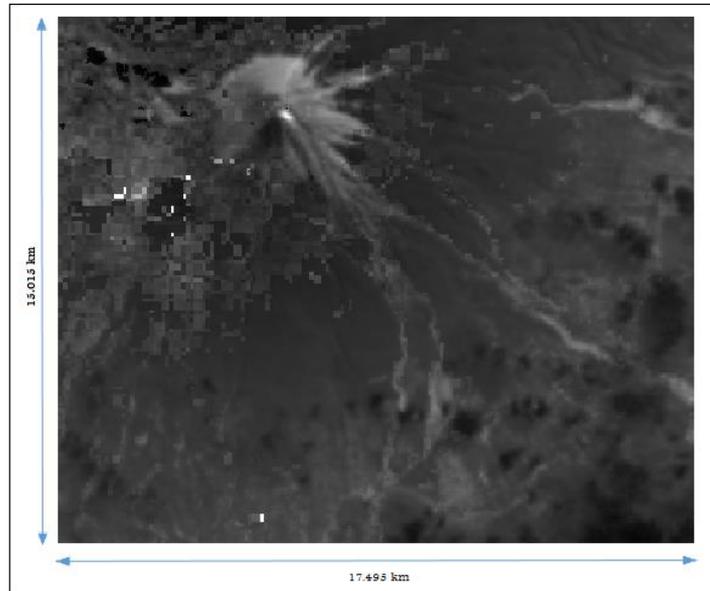


Gambar 3.5 Analisis Data

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian



Gambar 4.1 Luasan dari daerah penelitian
sekitar $15.015 \text{ km} \times 17,493 \text{ km}$

Data citra dari Landsat-8 yang telah diunduh disimpan dengan format *TIFF* (*Tagged Image File Format*). Format tersebut banyak digunakan dalam menyimpan citra. *TIFF* didukung oleh aplikasi- aplikasi untuk memanipulasi citra, aplikasi publishing dan page layout, scanning, dan banyak aplikasi lainnya. Dengan menggunakan perangkat lunak yang dikembangkan dengan mengeksplorasi tag *GeoTIFF* secara langsung, data raster pada citra *TIFF* yang sama dapat dibaca. Sedangkan metadata hasil pengunduhan di situs *USGS* pada laman www.earthexplorer.com disimpan dengan format *MTL*. Nilai masing-masing konstanta dapat diperoleh pada metadata citra. Nilai *RADIANCE_MULT_BAND_x* dan *RADIANCE_ADD_BAND_x* berbeda setiap band, jadi hal ini harus menjadi perhatian dalam input ke persamaan. Berikut nilai-nilai pada masing-masing konstanta yang terbaca, antara lain:

Tabel 4.1 Konstanta faktor pengali dari masing-masing band

RADIANCE_MULT_BAND_x	NILAI
RADIANCE_MULT_BAND_4	9.6919E-03
RADIANCE_MULT_BAND_5	5.9309E-03
RADIANCE_MULT_BAND_10	3.3420E-04

Tabel 4.2 Konstan faktor penambah dari masing-masing band

RADIANCE_ADD_BAND_X	NILAI
RADIANCE_ADD_BAND_4	-48.45933
RADIANCE_ADD_BAND_5	-29.65469
RADIANCE_ADD_BAND_10	0.10000

Dari tabel 4.1 dan 4.2 dapat dihitung radian spektral dengan menggunakan rumus 2.2, seperti perhitungan berikut ini: $(0.0003342 * \text{"Band 10"}) + 0.1000$. Sedangkan untuk menghitung TB dengan menggunakan rumus 2.3 diperlukan nilai konstanta Band 10 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Konstanta pada band 10

CONSTANT_BAND_10	NILAI
K1	774.8853
K2	1321.0789

Dari tabel 4.3 dapat dihitung Brightness temperature dengan dimasukkan rumus: $((1321.0789 / \ln (774.8853 / \text{"L_sensor10"}) + 1)) - 273$. Kemudian nilai emisivitas yang didapatkan menggunakan satelit Landsat-8, sebagai berikut:

Tabel 4.4 Nilai emisivitas

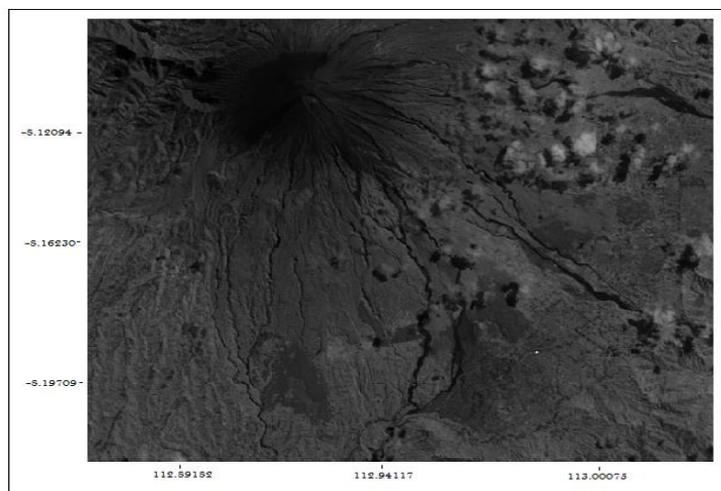
Emisivitas	NILAI
Emisivitas vegetasi	$0,985 \pm 0,007$

Dari tabel 4.4 dapat dihitung *LST* sebenarnya dengan dimasukkan: $TB/\{1+[(10.8*TB/14388) \ln 0.985]\}$.

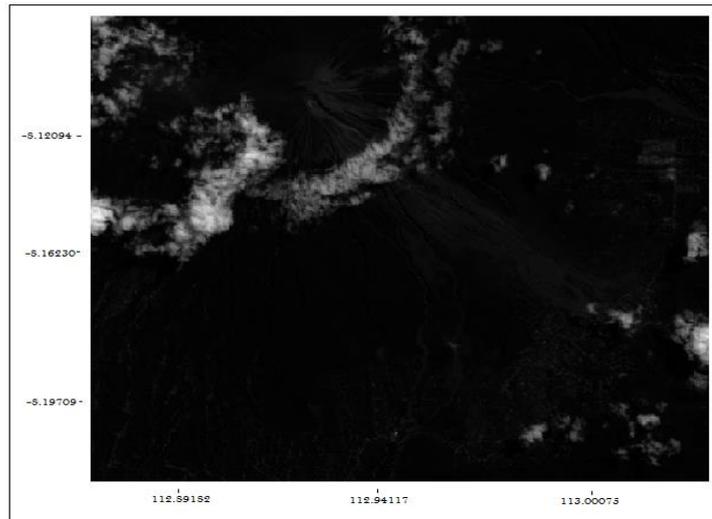
Berikut merupakan citra-citra yang berhasil diambil di website *USGS*, antara lain:



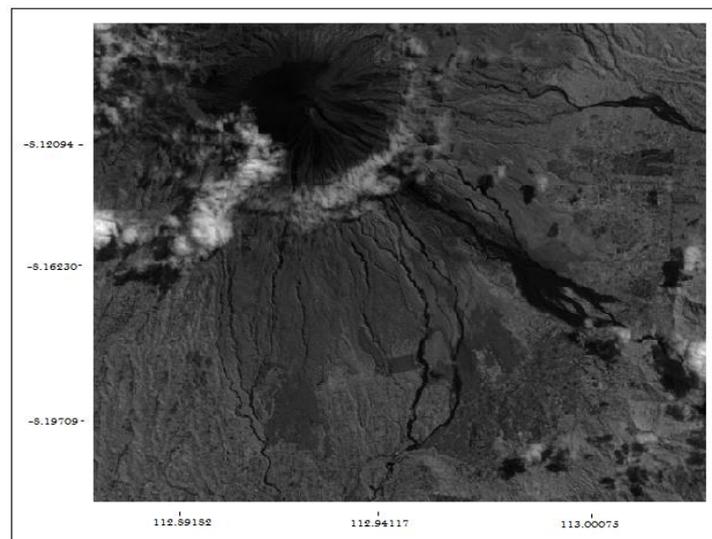
Gambar 4.2 Citra Band 4 Pra Erupsi



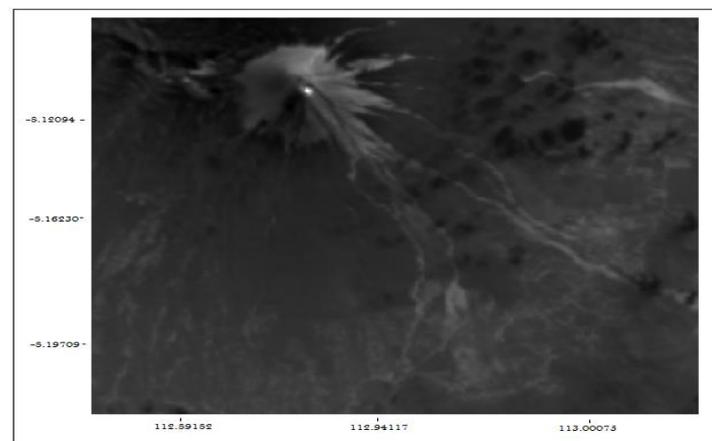
Gambar 4.3 Citra Band 5 Pra Erupsi



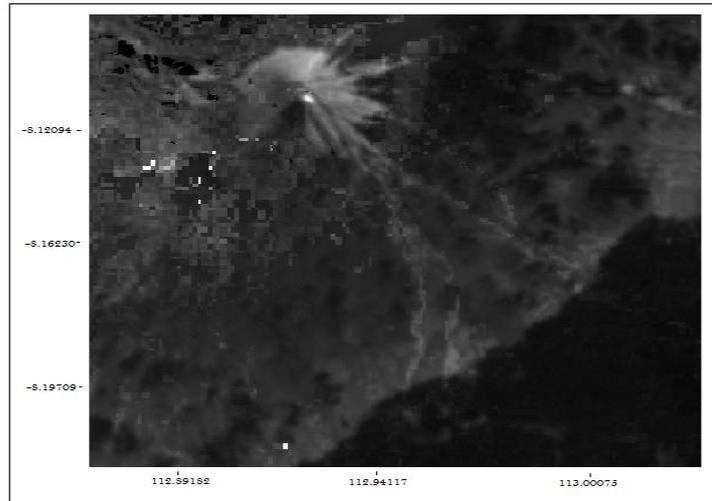
Gambar 4.4 Citra Band 4 Pasca Erupsi



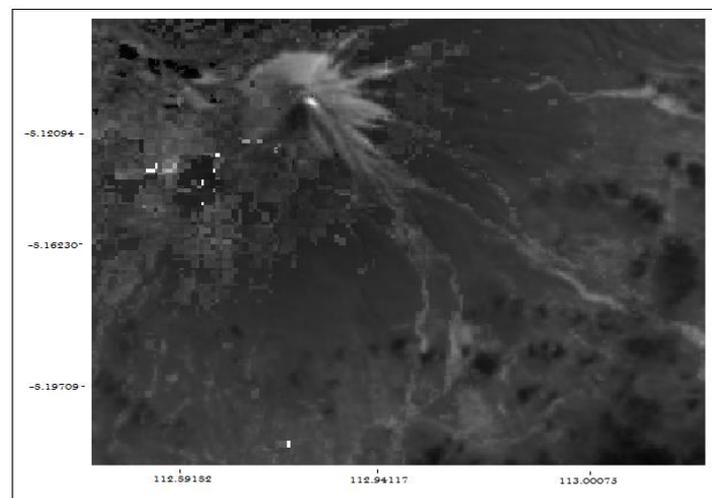
Gambar 4.5 Citra Band 5 Pasca Erupsi



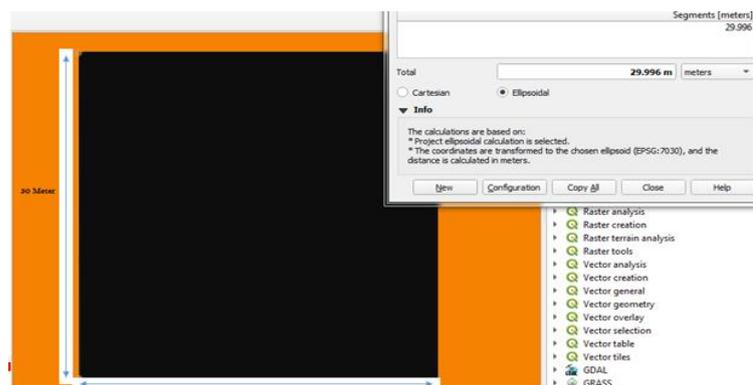
Gambar 4.6 Citra Band 10 Pra Erupsi



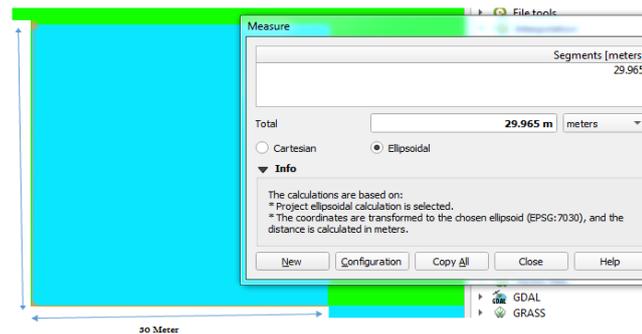
Gambar 4.7 Citra Band 10 Saat Erupsi



Gambar 4.8 Citra Band 10 Pasca Erupsi



Gambar 4.9 Ukuran piksel dari NDVI sekitar 30 Meter × 30 Meter



Gambar 4.10 Ukuran piksel dari LST sekitar 30 Meter \times 30 Meter

Dalam penelitian ini digunakan data raster (atau disebut juga dengan sel grid) dihasilkan dari satelit Landsat-8. Obyek geografis direpresentasikan sebagai struktur sel grid disebut dengan *pixel (picture element)* pada data raster. Masing-masing pixel memiliki nilai tertentu yang bergantung bagaimana image tersebut digambarkan. Masing – masing pixel direpresentasikan sebagai panjang gelombang cahaya yang dipantulkan dari posisi permukaan bumi dan diterima oleh satelit dalam satuan luas tertentu (piksel), hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.

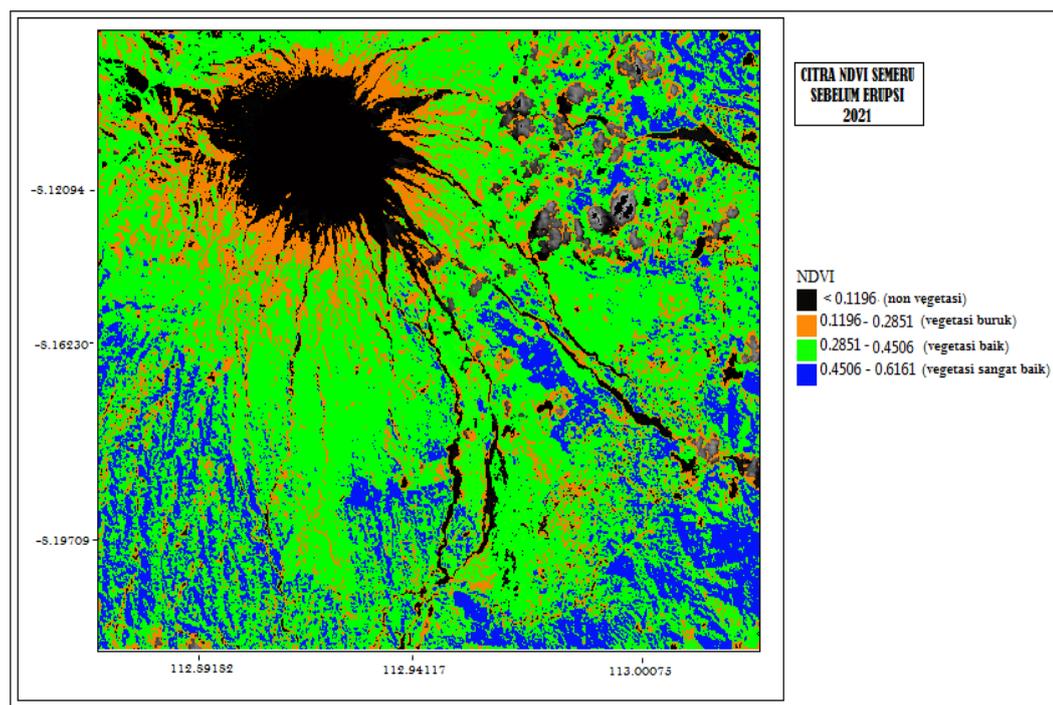
4.2 Hasil Analisis

Peta kawasan rawan bencana dibuat untuk membantu Pemerintah dan Masyarakat dalam memahami ancaman dari aliran lava, aliran piroklastik, lahar dingin dan *ash-fall* (abu vulkanik). Peta KRB Semeru diperoleh dari citra satelit Landsat-8 setelah mengalami koreksi radiometrik dengan menghitung nilai *NDVI* dan *LST*. Penelitian ini menggunakan 3 jenis band satelit *Landsat-8*, diantaranya, yaitu *band 4 (visible red)* dengan panjang gelombang 0.636 – 0.673 μm), 5 (*near infrared* dengan panjang gelombang 0.851 – 0.879 μm), dan 10 (*longwavelength* dengan panjang gelombang 10,60 -11,19 μm). *Band 4* dan 5 memiliki resolusi 30 m digunakan untuk mengetahui indeks vegetasi penentu dampak erupsi. Sedangkan

band 10 dapat menunjukkan *LST* di puncak dan sekitar wilayah gunung Semeru serta menunjukkan pola aliran lava.

Analisis perubahan luasan indeks vegetasi pada daerah yang terkena terkena erupsi dilakukan dengan cara membandingkan citra *Normalized Different Vegetation Index (NDVI)* sebelum dan sesudah terjadinya erupsi. Sementara itu, *LST* yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra *Land Surface Temperatur (LST)* yang diukur pada saat pra erupsi, saat peristiwa erupsi berlangsung, dan pasca erupsi berlangsung.

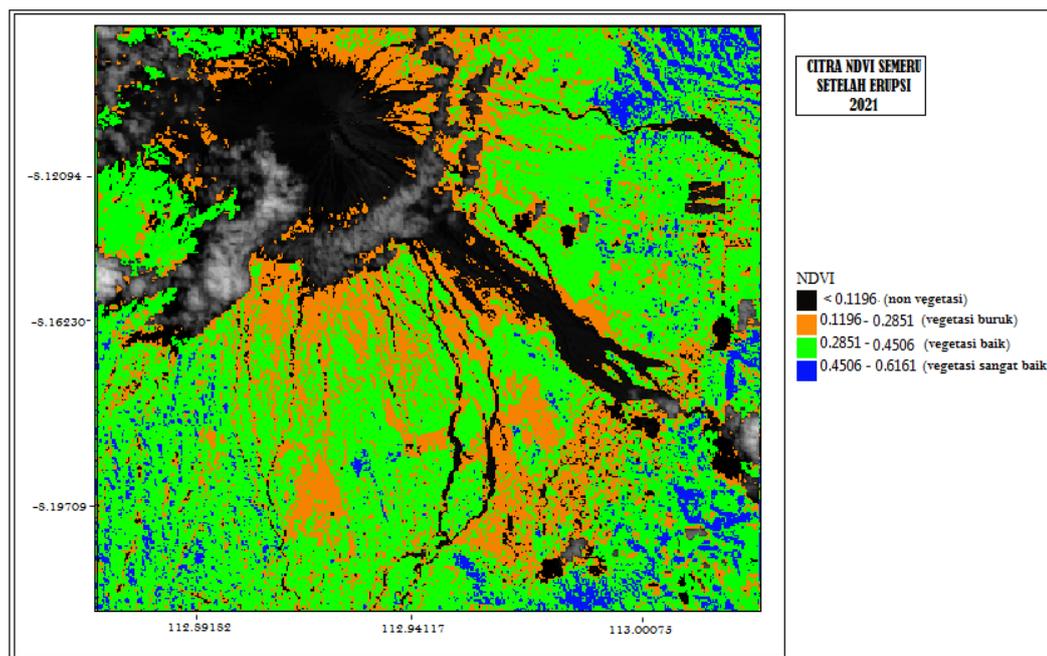
Gambar 4.11 dan 4.12 berikut ini merupakan hasil pengolahan citra *NDVI* sebelum dan sesudah erupsi Semeru berlangsung pada tahun 2021:



Gambar 4.11 Citra NDVI sebelum erupsi 2021

Berdasarkan data kalkulasi nilai index vegetasi (*NDVI*) di kawasan Semeru menurun drastis setelah terjadi letusan. Penurunan tersebut dapat dilihat melalui perbandingan Gambar 4.11 dan 4.12 berturut-turut, antara citra *NDVI* sebelum dan setelah erupsi Semeru 2021. Kedua gambar tersebut terindikasi terjadi perluasan

area non vegetasi (penurunan luas area vegetasi erupsi Semeru tahun 2021). Warna piksel hitam pekat mepresentasikan timbunan material vulkanik. Sedangkan warna piksel jingga merepresentasikan vegetasi buruk, warna piksel hijau mempresentasikan warna vegetasi baik dan warna piksel biru tua merepresentasikan vegetasi yang sangat baik.



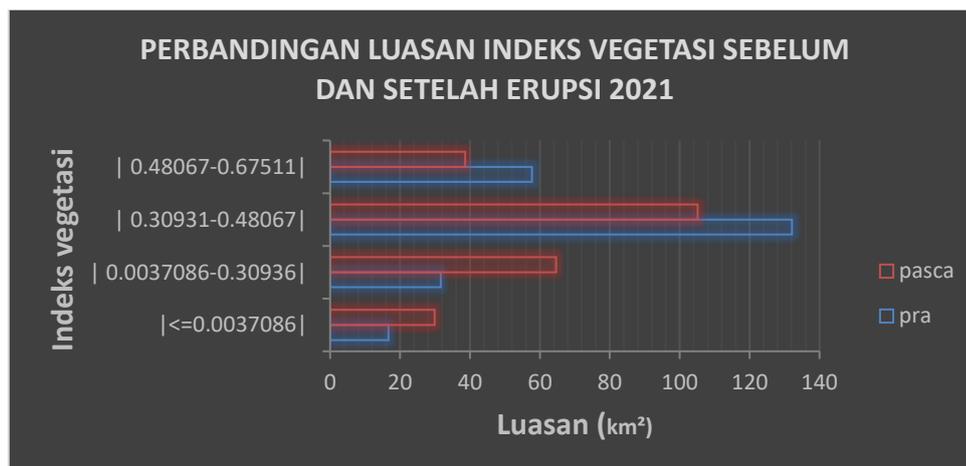
Gambar 4.12 Citra NDVI setelah erupsi 2021

Gambar 4.11 menggambarkan indeks vegetasi sangat tinggi dengan dominasi warna piksel hijau. Kemudian, Gambar 4.12 nampak terbentuk pola seperti longoran material piroklastik yang mengalir dari pusat kawah menuju arah tenggara. Pola longoran material piroklastik tersebut membuktikan bahwa terjadi perubahan vegetasi di kawasan Semeru. Gambar 4.12 tersebut telah memberikan gambaran umum dari daerah yang terkena dampak akibat letusan gunung Semeru. Tabel 4.5 di bawah ini menunjukkan kategori rentang nilai NDVI dan perubahan luasan area vegetasi yang dihitung sebelum dan sesudah erupsi Semeru.

Tabel 4.5 Nilai luasan NDVI sebelum dan setelah erupsi 2021

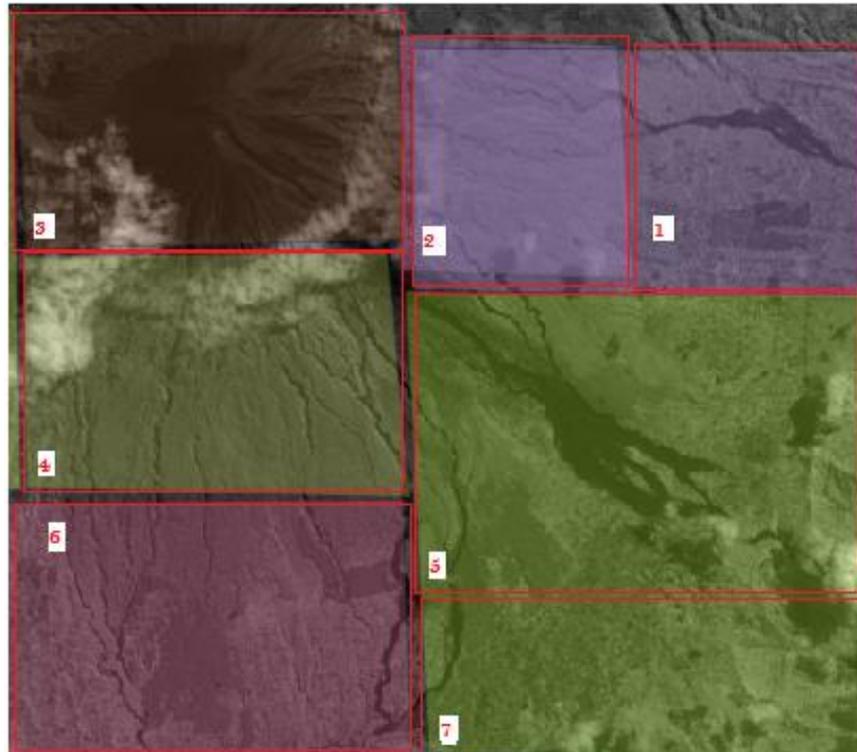
Pra Erupsi		Pasca Erupsi		Perubahan Luasan km^2	Ket
NDVI	Luasan km^2	NDVI	Luasan km^2		
$ \leq 0.0037086 $	16.7083	$ \leq 0.0037086 $	29.8898	13.1815	non vegetasi
$ 0.0037086-0.30936 $	31.6763	$ 0.0037086-0.30936 $	64.5976	32.9213	vegetasi sangat buruk
$ 0.30931-0.48067 $	132.1562	$ 0.30931-0.48067 $	105.109	-27.047	vegetasi baik
$ 0.48067-0.67511 $	57.7052	$ 0.48067-0.67511 $	38.6496	-19.056	vegetasi sangat baik
Total	238.246	Total	238.246		

Sedangkan Gambar 4.13 di bawah ini memperlihatkan diagram perbandingan luasan vegetasi berdasarkan kategori rentang nilai (kelas) NDVI sebelum dan setelah erupsi Semeru tahun 2021.

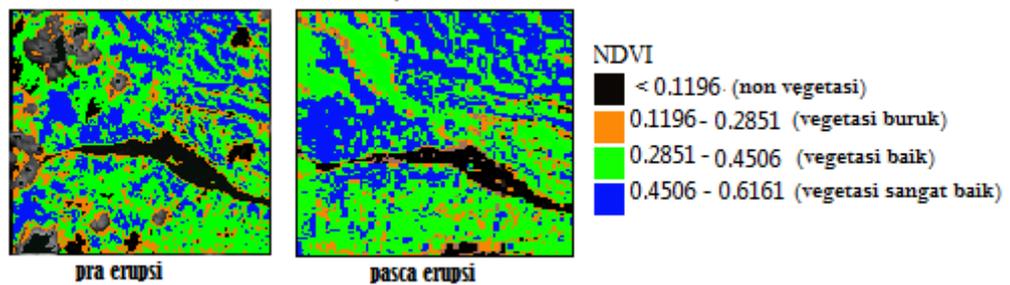


Gambar 4.13 Diagram perbandingan luasan kelas NDVI sebelum dan setelah erupsi 2021

Dalam tabel 4.13 terbagi menjadi 4 kelas. Pertama, kelas vegetasi sangat baik dengan nilai NDVI $|0.450625-0.656138|$ memiliki perubahan luasan vegetasi sekitar -19.0556 km^2 . Kelas ini bertanda (-) atau minus yang artinya mengalami pengurangan atau penurunan luasan vegetasi sangat baiknya. Kedua, kelas vegetasi baik dengan nilai NDVI $|0.302656-0.450625|$ memiliki perubahan luasan vegetasi sekitar -27.0472 km^2 . Kelas ini juga bertanda (-) atau minus yang artinya mengalami pengurangan atau penurunan luasan vegetasi baiknya. , kelas vegetasi buruk dengan nilai NDVI $|0.0037086-0.302656|$ memiliki perubahan luasan indeks vegetasi sekitar 32.9213 km^2 . Kelas ini bertanda (+) atau plus yang artinya mengalami penambahan atau peningkatan luasan vegetasi buruknya. Terakhir, kelas non vegetasi dengan nilai NDVI indeks vegetasi $|<=0.0037086|$ luasan yang dicakupnya sekitar 13.1815 km^2 . Kelas ini juga bertanda (+) atau plus yang artinya mengalami penambahan atau peningkatan luasan non vegetasinya.



Gambar 4.14 Pembagian Potongan NDVI



Gambar 4.15 Potongan Citra NDVI ke-1 (a) sebelum erupsi (b) setelah erupsi

Tabel 4.6 Nilai luasan NDVI pada potongan ke-1

Pra Erupsi		Pasca Erupsi		Perubahan Luasan
NDVI	Luasan km^2	NDVI	Luasan km^2	
$ \leq 0.0037086 $	0.8964	$ \leq 0.0037086 $	1.251	0.3546
$ 0.281644-0.283936 $	0.9648	$ 0.281644-0.283936 $	2.366	1.4012

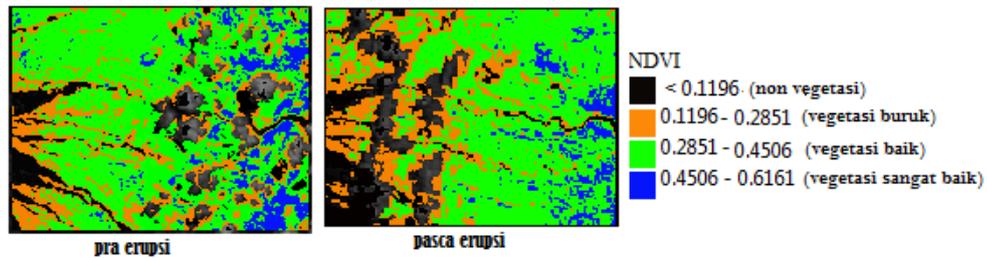
0.428377-0.43067	6.084	0.428377- 0.43067	6.8779	0.7939
0.572818-0.57511	9.9432	0.572818- 0.57511	7.3935	-2.5497
Total	17.8884	Total	17.8884	



Gambar 4.16 Diagram Perbandingan luasan kelas NDVI pada potongan ke-1

Gambar 4.15 menunjukkan perbandingan citra *NDVI* sebelum dan sesudah terjadinya erupsi Gunung Semeru pada tahun 2021 potongan pertama terlihat jelas nilai *NDVI* mengalami penurunan. Selain itu, Gambar 4.15 juga terlihat warna piksel hitam pekat berkelok-kelok dengan diameter lebar menunjukkan pola aliran lahar. Tidak begitu terlihat piksel berwarna orange di sekitar aliran lahar tersebut. Tabel 4.6 *NDVI* terbagi menjadi 4 kelas. Pertama, kelas vegetasi sangat baik dengan nilai *NDVI* |0.572818-0.57511| memiliki perubahan luasan vegetasi sekitar -2.5497 km^2 . Kelas ini mengalami pengurangan luasan vegetasi sangat baiknya. Kedua, kelas vegetasi baik dengan *NDVI* |0.428377-0.43067| memiliki perubahan luasan vegetasi sekitar 0.7939 km^2 . Kelas ini mengalami penambahan luasan vegetasi baiknya. Ketiga, kelas vegetasi buruk dengan nilai *NDVI* |0.281644-

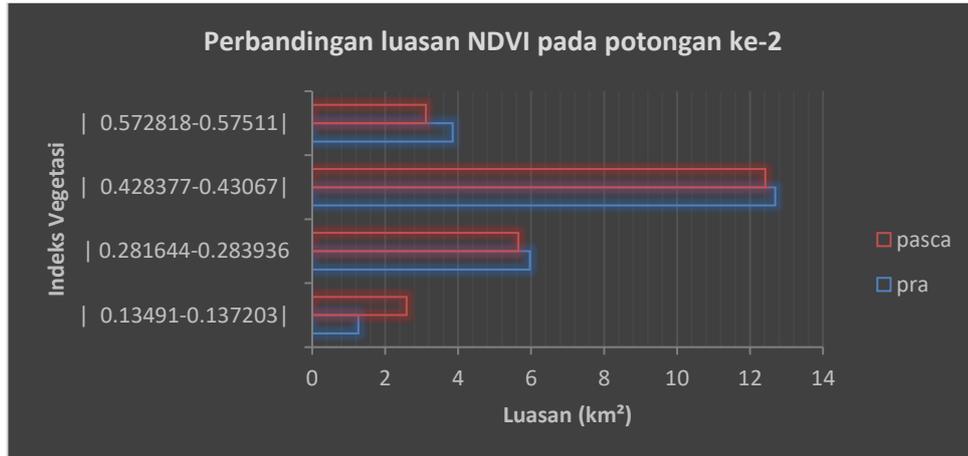
0.283936| luasan yang dicakupnya sekitar 1.4012 km^2 . Kelas ini mengalami penambahan luasan vegetasi buruknya. Keempat, kelas non vegetasi dengan nilai NDVI $|\leq 0.0037086|$ seluas lebih kurang 0.3546 km^2 . Kelas ini mengalami penambahan luasan non vegetasinya.



Gambar 4.17 Potongan Citra NDVI ke-2 (a) sebelum erupsi (b) setelah erupsi

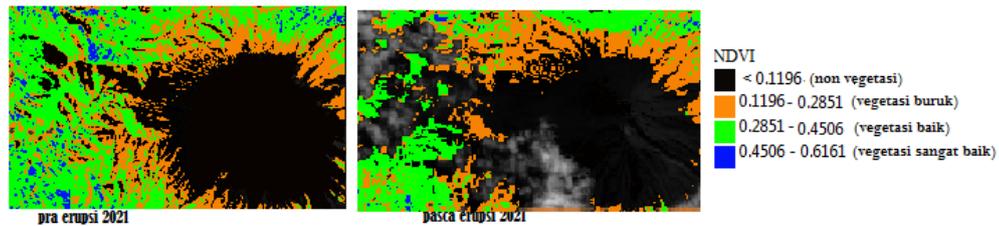
Tabel 4. 7 Nilai luasan NDVI pada potongan ke-2

Pra Erupsi		Pasca Erupsi		Perubahan luasan km^2
NDVI	Luasan km^2	NDVI	Luasan km^2	
$ \leq 0.0037086 $	1.2618	$ \leq 0.0037086 $	2.5858	1.324
$ 0.281644-$ 0.283936	5.9661	$ 0.282631-$ 0.284838	5.6493	-0.3168
$ 0.428377-$ 0.43067	12.6909	$ 0.423873-$ 0.42608	12.42	-0.2709
$ 0.572818-$ 0.57511	3.8511	$ 0.562909-$ 0.565116	3.1148	-0.7363
Total	23.7699	Total	23.7699	



Gambar 4. 18 Diagram perbandingan luasan kelas NDVI pada potongan ke-2

Gambar 4.17 perbandingan citra NDVI potongan ke-2 terlihat jelas penurunan NDVI. Gambar tersebut menunjukkan piksel hitam yang diidentifikasi material piroklastik hasil letusan semeru. Gambar 4.17 juga terlihat perluasan piksel orange (vegetasi buruk) disebabkan perluasan sebaran hujan vulkanik. Tabel 4.7 terbagi menjadi 4 kelas NDVI. Pertama, kelas vegetasi sangat baik dengan nilai NDVI $|0.562818-0.57511|$ memiliki perubahan luasan vegetasi sekitar -0.7363 km^2 . Kelas ini terjadi penurunan luasan vegetasi sangat baiknya. Kedua, kelas vegetasi baik dengan nilai NDVI $|0.428377-0.43067|$ memiliki perubahan luasan vegetasi sekitar -0.2709 km^2 . Kelas ini terjadi penurunan luasan vegetasi. Ketiga, kelas vegetasi buruk dengan nilai NDVI $|0.280774-0.302656|$ luasan yang dicakupnya sekitar -0.3168 km^2 . Kelas ini menunjukkan bahwa kelas ini terjadi penurunan luasan vegetasi baiknya. Keempat, kelas non vegetasi dengan nilai NDVI $|\leq 0.0037086$ seluas lebih kurang 1.324 km^2 . Kelas ini terjadi peningkatan luasan non vegetasinya.



Gambar 4.19 Citra NDVI potongan ke-3 (a) sebelum erupsi (b) setelah erupsi

Tabel 4. 8 Nilai luasan NDVI pada potongan ke-3

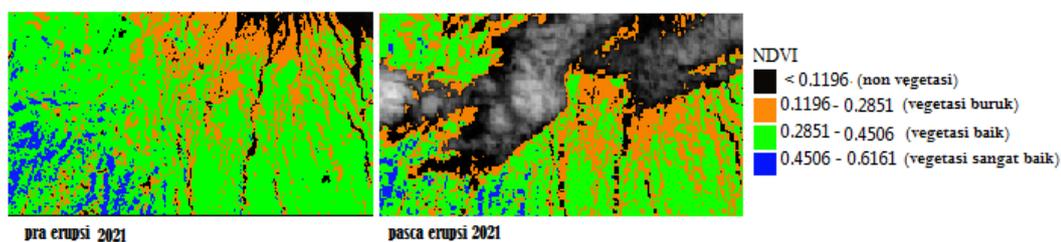
Pra Erupsi		Pasca Erupsi		Perubahan Luasan km^2
NDVI	Luasan km^2	NDVI	Luasan km^2	
$ \leq 0.0037086 $	13.4334	$ \leq 0.0037086 $	16.9812	3.5478
$ 0.252467 - 0.254222 $	8.3268	$ 0.252267 - 0.253864 $	13.8843	5.5575
$ 0.399878 - 0.401633 $	14.2236	$ 0.386436 - 0.388033 $	7.5177	-6.7059
$ 0.549045 - 0.5508 $	3.0384	$ 0.522203 - 0.5238 $	0.639	-2.3994
Total	39.0222	Total	39.0222	



Gambar 4.20 Diagram perbandingan luasan kelas NDVI potongan ke-3

Gambar 4.19 perbandingan citra NDVI potongan ke-3 terlihat jelas penurunan NDVI di sekitar kawah. Timbunan material piroklastik yang berwarna hitam pekat

menunjukkan posisi dan diameter dari kawah tersebut. Gambar tersebut juga terlihat sebaran piksel orange di sekitar kawah. Hal tersebut terjadi disebabkan oleh debu vulkanik dan permukaan kawah yang sangat panas sehingga dapat mengakibatkan vegetasi menjadi buruk. Tabel 4.8 menunjukkan kelas vegetasi terbagi menjadi 4 kelas. Pertama, kelas vegetasi sangat baik dengan nilai NDVI $|0.522203-0.5238|$ sekitar -2.3994 km^2 . Kelas ini ditandai dengan penurunan luasan vegetasi sangat baiknya. Kedua, kelas vegetasi baik dengan nilai NDVI $|0.386436-0.388033|$ luasan yang dicakupnya sekitar $-6,7059 \text{ km}^2$. Kelas ini ditandai dengan penurunan luasan vegetasi baiknya. Ketiga, kelas vegetasi buruk dengan nilai NDVI $|0.252267-0.253864|$ memiliki perubahan luasan vegetasi sekitar 5.5575 km^2 . Kelas ini ditandai dengan peningkatan luasan vegetasi buruknya. Keempat, kelas non vegetasi dengan nilai NDVI $|\leq 0.0037086|$ seluas lebih kurang 3.5478 km^2 . Kelas ini juga ditandai dengan peningkatan luasan non vegetasinya.

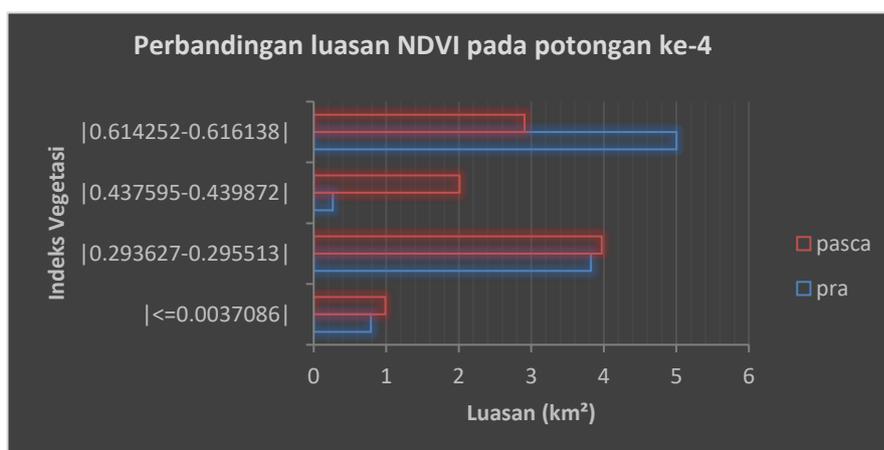


Gambar 4.21 Potongan Citra NDVI ke-4 (a) sebelum erupsi (b) setelah erupsi

Tabel 4. 9 Nilai luasan NDVI pada potongan ke-4

Pra Erupsi		Pasca Erupsi		Perubahan Luasan km^2
NDVI	Luasan km^2	NDVI	Luasan km^2	
$ \leq 0.0037086 $	0.7875	$ \leq 0.0037086 $	0.987	0.1995
$ 0.293627-0.295513 $	3.8241	$ 0.29189-0.294167 $	3.9718	0.1477

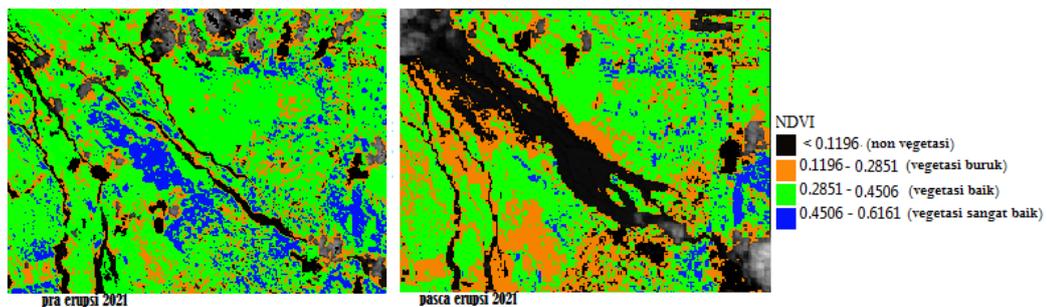
0.437595- 0.439872	0.2628	0.437595- 0.439872	2.0134	1.7506
0.614252- 0.616138	5.004	0.581023- 0.5833	2.9062	-2.0978
Total	9.8784	Total	9.8784	



Gambar 4.22 Perbandingan luasan kelas NDVI pada potongan ke-4

Gambar 4.21 menunjukkan bahwa daerah yang berwarna piksel hitam pekat dapat diidentifikasi sebaran material piroklatik. Gambar 4.21 terlihat piksel dengan warna *orange* (jingga) yang menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki vegetasi buruk yang disebabkan oleh ash-fall yang tebal. Sedangkan daerah dengan piksel biru tua diidentifikasi daerah yang memiliki vegetasi baik. dapa Tabel 4.9 menunjukkan kelas vegetasi terbagi menjadi 4 kelas. Pertama, kelas vegetasi sangat baik dengan nilai NDVI |0.581023-0.5833| memiliki perubahan luasan vegetasi - 2.0978 km^2 . Kelas ini mengalami penurunan luasan vegetasi sangat baiknya. Kedua, kelas vegetasi baik dengan nilai NDVI |0.437595-0.439872| mengalami perubahan luasannya sekitar 1.7506 km^2 . Kelas ini mengalami penambahan luasan vegetasi baiknya. Ketiga, kelas vegetasi buruk dengan nilai NDVI | 0.29189-

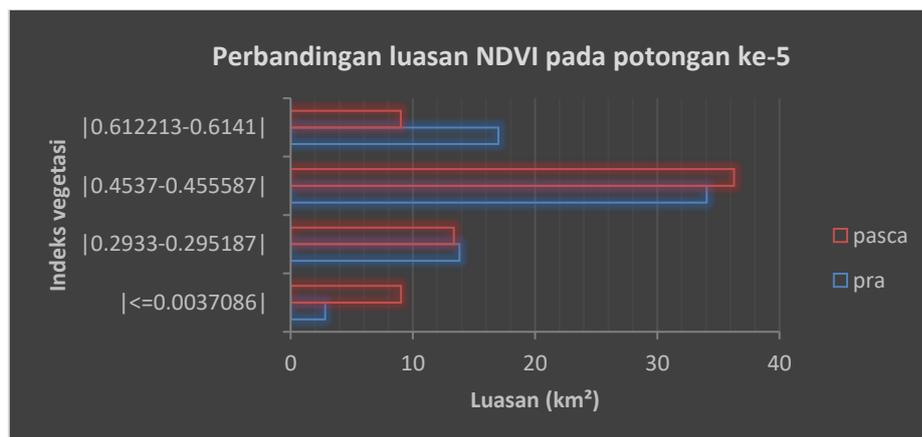
0.294167| seluas lebih kurang sekitar 0.1477 km^2 . Kelas ini mengalami penambahan atau peningkatan luasan vegetasi buruknya. Keempat, kelas non vegetasi dengan nilai NDVI $|\leq 0.0037086|$ luasan yang dicakupnya sekitar 0.1995 km^2 . Kelas ini mengalami penambahan luasan non vegetasinya.



Gambar 4.23 Citra NDVI potongan ke-5 (a) sebelum erupsi (b) setelah erupsi

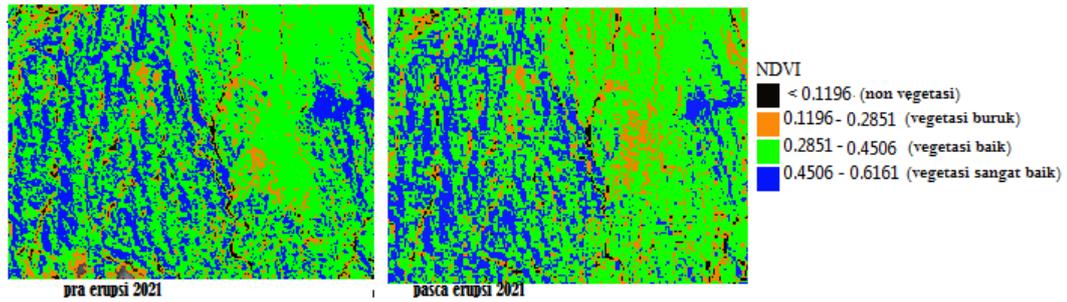
Tabel 4. 10 Nilai luasan NDVI pada potongan ke-5

Pra Erupsi		Pasca Erupsi		Perubahan Luasan km^2
NDVI	Luasan km^2	NDVI	Luasan km^2	
$ \leq 0.0037086 $	2.8305	$ \leq 0.0037086 $	9.0378	6.2073
$ 0.2933-0.295187 $	13.8069	$ 0.296321-0.29873 $	13.3461	-0.4608
$ 0.4537-0.455587 $	34.0353	$ 0.45051-0.45292 $	36.2817	2.2464
$ 0.612213-0.6141 $	17.0073	$ 0.602291-0.6047 $	9.0135	-7.9938
Total	67.68	Total	67.6791	



Gambar 4.24 Diagram perbandingan luasan kelas NDVI pada citra potongan ke-5

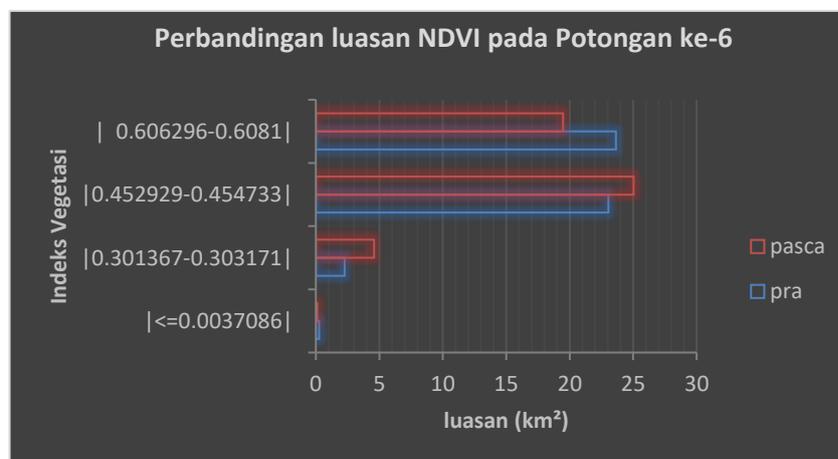
Gambar 4.23 terlihat potongan ke-5 menjadi daerah terdampak erupsi Semeru. Hal ini terjadi disebabkan daerah tersebut dilewati aliran lava dan longsor dari material vulkanik. Gambar 4.23 juga dapat diidentifikasi bahwa daerah dengan piksel hitam pekat dan terdapat longsor dengan diameter lebih lebar (daerah yang terkena aliran piroklastik). Sedangkan daerah dengan piksel *orange* diindikasikan sebagai daerah yang terkena luapan lahar dingin. Gambar tersebut juga terlihat jelas cakupan area yang terkena dampak dari erupsi Gunung Semeru. Tabel 4.10 menunjukkan kelas vegetasi terbagi menjadi 4 kelas. Pertama, kelas vegetasi sangat baik dengan nilai NDVI $|0.602291-0.6047|$ seluas lebih kurang -7.9938 km^2 . Kelas ini mengalami pengurangan vegetasi sangat baiknya. Kedua, kelas vegetasi baik dengan nilai NDVI $|0.45051-0.45292|$, luasan yang dicakupnya sekitar 2.2464 km^2 . Kelas ini penambahan luasan indeks vegetasi baiknya. Keempat, kelas vegetasi buruk dengan NDVI $|0.296321-0.29873|$ memiliki perubahan luasan vegetasi sekitar -0.4608 km^2 . Kelas ini mengalami penurunan luasan vegetasi buruknya. Keempat, kelas non vegetasi dengan nilai NDVI $|<=0.0037086|$ memiliki perubahan luasan vegetasi sekitar 6.2073 km^2 . Kelas ini mengalami penambahan luasan non vegetasinya.



Gambar 4. 25 Potongan Citra NDVI ke-6 (a) sebelum erupsi (b) setelah erupsi

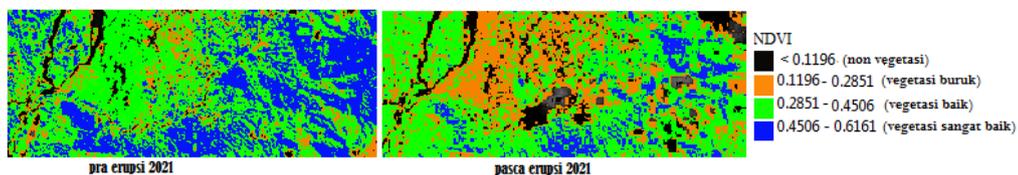
Tabel 4.11 Nilai luasan NDVI pada potongan ke-6

Pra Erupsi		Pasca Erupsi		Perubahan Luasan km^2
NDVI	Luasan km^2	NDVI	Luasan km^2	
$ \leq 0.0037086 $	0.252	$ \leq 0.0037086 $	0.1161	-0.1359
$ 0.301367-0.303171 $	2.2536	$ 0.284411-0.286133 $	4.5802	2.3266
$ 0.452929-0.454733 $	23.0553	$ 0.430844-0.432567 $	25.0389	1.9836
$ 0.606296-0.6081 $	23.6439	$ 0.577277-0.579 $	19.4712	-3.5841
Total	49.2048	Total	49.2048	



Gambar 4.26 Diagram perbandingan luasan kelas NDVI potongan ke-6

Gambar 4.25 menunjukkan tidak ada timbunan dari material piroklastik pada daerah ini. Hal tersebut disebabkan oleh tidak ditemukannya piksel yang berwarna hitam pekat. Selain itu, daerah ini juga tidak terdapat aliran lahar. Gambar tersebut juga tidak terlihat penurunan vegetasi Tabel 4.11 menunjukkan kelas vegetasi terbagi menjadi 4 kelas. Pertama, kelas vegetasi sangat baik dengan nilai NDVI $|0.577277-0.579|$ sekitar $(-3.5841) \text{ km}^2$. Kelas ini terjadi penurunan luasan vegetasi sangat baiknya. Kedua, kelas vegetasi baik dengan nilai NDVI $|0.430844-0.432567|$ mencakup area seluas lebih kurang 0.1359 km^2 . Kelas ini terjadi penambahan luasan vegetasi baiknya. Ketiga, kelas vegetasi buruk dengan nilai NDVI $|0.284411-0.286133|$ memiliki perubahan luasan vegetasi sekitar 2.3266 km^2 . Kelas ini terjadi penambahan luasan vegetasi buruknya. Keempat, kelas non vegetasi dengan nilai NDVI $|\leq 0.0037086|$ memiliki perubahan luasan vegetasi sekitar 0.1359 km^2 . Kelas ini mengalami penambahan luasan non vegetasinya.

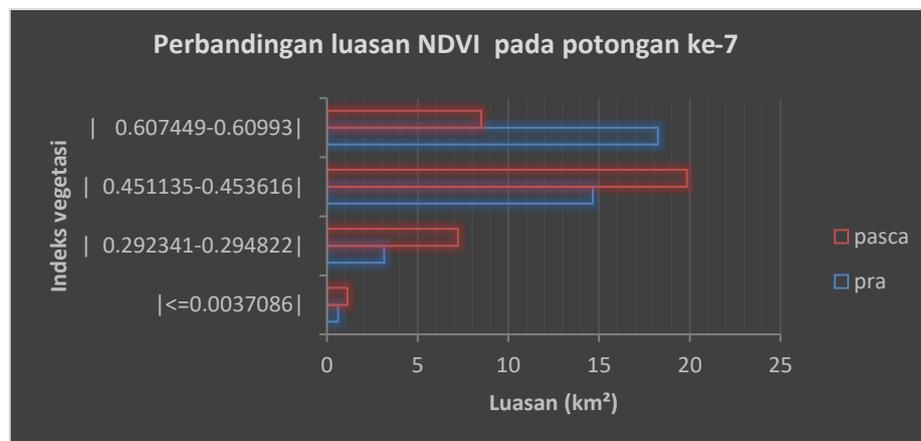


Gambar 4.27 Citra NDVI potongan ke-7 (a) sebelum erupsi
(b) setelah erupsi

Tabel 4. 12 Nilai luasan NDVI pada potongan ke-7

Pra Erupsi		Pasca Erupsi		Perubahan Luasan km^2
NDVI	Luasan km^2	NDVI	Luasan km^2	
$ \leq 0.0037086 $	0.6147	$ \leq 0.0037086 $	1.1295	0.5148
$ 0.292341-0.294822 $	3.1599	$ 0.30942-0.311241 $	7.2162	4.0563

0.451135- 0.453616	14.6601	0.465981- 0.467801	19.836	5.1759
0.607449- 0.60993	18.252	0.618901- 0.620722	8.5059	-6.1542
Total	36.6867	Total	36.6876	



Gambar 4. 28 Diagram perbandingan luasan kelas NDVI pada potongan ke-7

Gambar 4.27 menunjukkan adanya pola aliran lahar dingin. Hal tersebut ditandai dengan piksel hitam dan berpola berkelok-kelok. Gambar 4.27 tersebut juga terdapat juga piksel jingga yang menyebar luas. Hal tersebut dapat diindikasikan adanya luapan lahar dingin dan hujan abu vulkanik. Tabel 4.12 menunjukkan kelas vegetasi terbagi menjadi 4 kelas. Pertama, kelas vegetasi sangat baik dengan nilai NDVI |0.607449-0.60993| yang mencakup area seluas sekitar - 6.1542 km^2 . Kelas ini mengalami pengurangan luasan vegetasi sangat baiknya. Kedua, kelas vegetasi baik dengan nilai NDVI |0.451135-0.453616| mencakup luasan sekitar 5.1759 km^2 . Kelas ini terjadi penambahan luasan vegetasi baiknya. Ketiga, kelas vegetasi buruk dengan nilai NDVI |0.284411-0.286133| memiliki perubahan luasan sekitar 4.0563 km^2 . Kelas ini terjadi penambahan luasan vegetasi

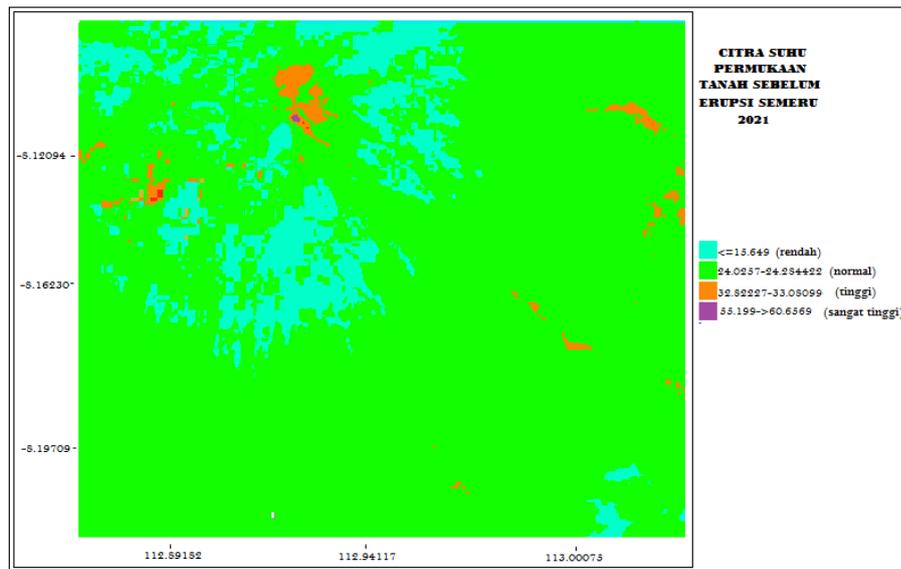
buruknya. Keempat, kelas non vegetasi dengan nilai NDVI $|\leq 0.0037086|$ memiliki perubahan luasan vegetasi sekitar 0.5148 km^2 . Kelas ini terjadi penambahan luasan non vegetasinya.

Tabel 4. 13 Identikasi material yang ditimbulkan erupsi

Daerah terkena erupsi	Pra erupsi	Pasca erupsi	Keterangan
Pusat kawah	<0.00273	<0.00273	Tidak ada vegetasi, perluasan area dari letusan yang menyebabkan penurunan nilai
Sekitar kawah	0.4160	0.2963	Penurunan vegetasi atau kematian vegetasi akibat material yang dikeluarkan oleh letusan.
Aliran lahar sebelah timur	<0.00273	<0.00273	Bukan vegetasi dengan pola berkelok-kelok berwarna hitam pekat, namun perluasan akibat material lumayan besar
Sekitaran aliran lahar sebelah timur	0.4160	0.2963	Vegetasi mengalami penurunan yang disebabkan material yang dibawa oleh lahar dingin, namun

			luasannya hanya di pinggiran sungai
Aliran lahar sebelah selatan	<0.00273	<0.00273	Bukan vegetasi dengan pola berkelok-kelok berwarna jingga, namun pelebaran akibat material lumayan besar terdapat banyak sekali pola-pola aliran
Sekitaran aliran lahar sebelah selatan	0.4160	0.2963	Vegetasi mengalami penurunan yang disebabkan material yang dibawa oleh lahar dingin, membentuk pola-pola memanjang yang baru
Bekas aliran lahar sebelah selatan	<0.00273 s/d 0.4160	<0.00273 s/d 0.29695	Terdapat bekas pola aliran yang ditandai dengan sisa-sisa material yang berwarna hitam pekat, namun pada bagian-bagian aliran didapat vegetasi yang buruk
Sekitar bekas aliran lahar sebelah selatan	0.4160	0.29695	Vegetasi menurun ditandai mulanya warna hijau berubah menjadi kuning

Aliran lahar dan awan panas sebelah tenggara	<0.0273	<0.0273	Bukan vegetasi dengan pola berkelok-kelok berwarna hitam pekat, namun pelebaran akibat material sangat besar dibandingkan dengan pola-pola sebelumnya. Pola yang terbentuk seperti longsor dapat diindikasikan sebagai aliran lava dan awan panas.
--	---------	---------	--



Gambar 4.29 Citra LST sebelum erupsi Semeru 2021

Tabel 4. 14 Nilai LST dan luasannya pra erupsi

pra erupsi	
LST (Celsius)	Luasan km^2
<=15.649	0.1242

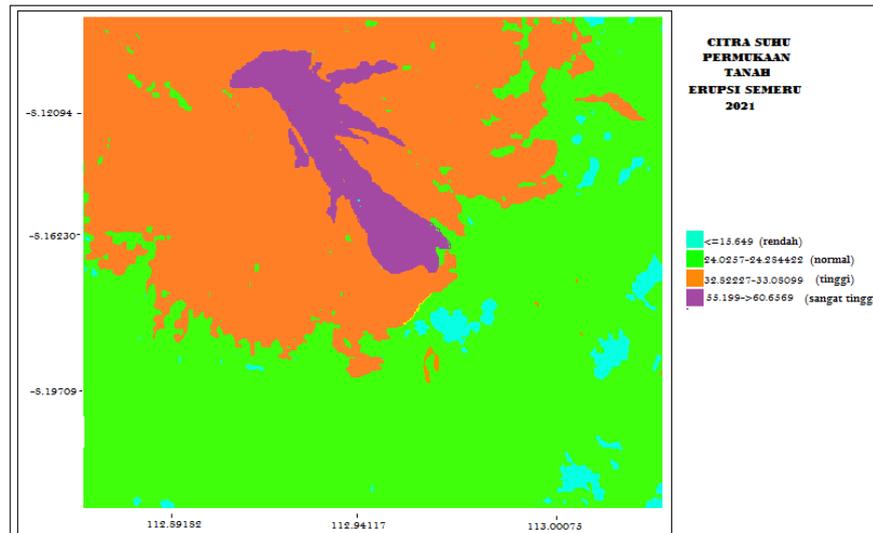
24.0257 s/d 24.284422	125.8326
32.822273 s/d 33.080996	140.8833
55.199 s/d 60.6569	0.4059



Gambar 4. 30 Diagram Nilai LST dan luasannya pra erupsi 2021

Dilihat dari Tabel 4.14 dan Gambar 4.29 terdapat 4 kelas *LST* (Suhu Permukaan Tanah). Kelas Pertama, kelas *LST* $|<=15.649|$ °C menunjukkan kelas suhu permukaan tanah paling rendah. *LST* tersebut direpresentasikan pada citra dengan warna piksel biru toska. Suhu permukaan tanah pada kelas tersebut memiliki luasan sekitar 0.1242 km^2 . Sedangkan kelas *LST* kedua, kelas *LST* berkisar $|24.0257 \text{ s/d } 24.284422|$ °C menunjukkan kelas suhu permukaan tanah normal. *LST* tersebut digambarkan pada citra dengan warna piksel hijau muda dan luasan *LST* mencakup area sekitar 125.8326 km^2 . Kelas *LST* ketiga berkisar antara $|32.822273 \text{ s/d } 33.080996|$ °C menunjukkan kelas suhu permukaan tinggi. Suhu permukaan tersebut ditandai dengan warna orange atau jingga dan cakupan luasannya sekitar 140.8833 km^2 . Kelas *LST* keempat gabungan antara $|55.199 \text{ s/d } 60.6569|$ °C. Kelas yang dapat merepresentasikan kemunculan lava dengan warna

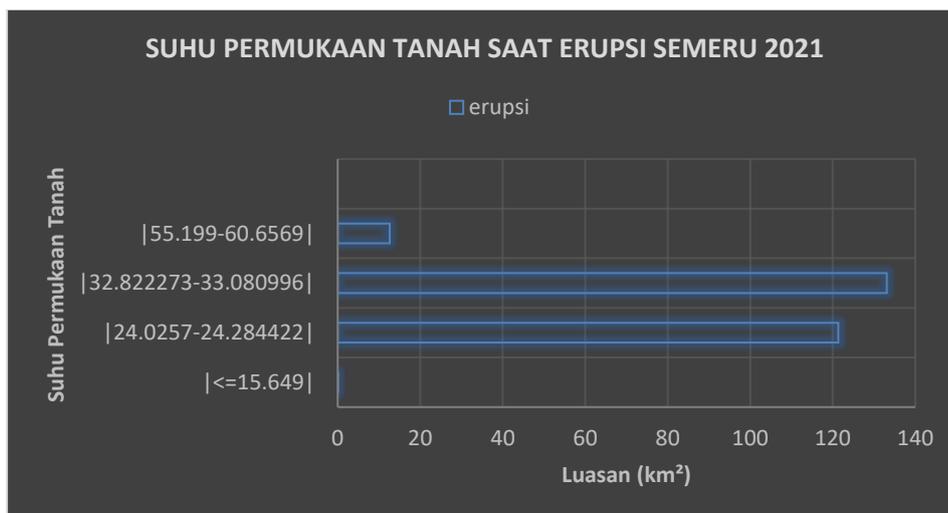
piksel ungu dan seperti titik lingkaran. Suhu pada kelas tersebut memiliki luasan sekitar 0.4059km^2 . Kelas ini dikategorikan cukup berbahaya disebabkan oleh kemunculan lava pra erupsi Semeru. Kelas ini juga, menjadi fokus utama dalam penelitian ini, karena pada rentang suhu tersebut dapat menunjukkan pola yang dihasilkan oleh pembentukan lava sebelum dimuntahkan oleh Semeru.



Gambar 4.31 Citra LST saat erupsi Semeru 2021

Tabel 4. 15 Nilai LST dan luasannya erupsi 2021

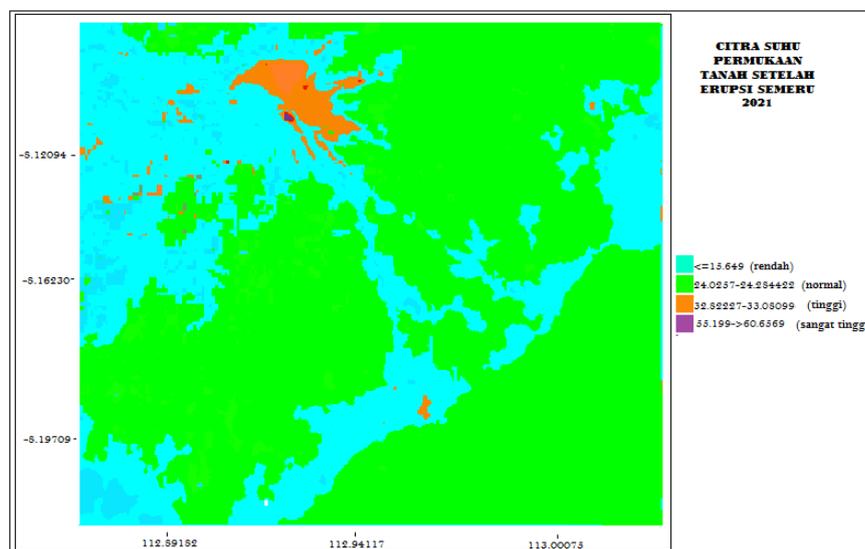
Saat erupsi berlangsung	
LST (Celsius)	Luasan km^2
<=15.649	0.0054
24.0257 s/d 24.284422	121.3145
32.822273 s/d 33.080996	133.1024
55.199->60.6569	12.6365



Gambar 4.32 Diagram Nilai LST dan luasannya saat erupsi 2021

Gambar 4.31 menunjukkan sebaran suhu permukaan tanah pada saat erupsi terjadi. Citra suhu permukaan tanah terbagi menjadi 4 kelas. Dilihat dari Gambar 4.31 dan Tabel 4.15 terdapat Kelas LST $|<=15.649|$ °C menunjukkan kelas suhu permukaan paling rendah. Suhu permukaan tanah tersebut direpresentasikan pada citra LST dengan warna piksel biru toska. Suhu pada kelas tersebut memiliki luasan sekitar 0.0054 km^2 . Sedangkan kelas LST $|24.0257 \text{ s/d } 24.284422|$ °C menunjukkan kelas suhu permukaan normal. Suhu permukaan tanah tersebut digambarkan pada citra LST dengan warna piksel hijau muda dan seluas lebih kurang 121.3145 km^2 . Gambar tersebut juga menunjukkan terjadi peningkatan luasan dari rentang suhu permukaan tanah. Kelas berikutnya adalah suhu permukaan tanah pada rentang $|32.822273 \text{ s/d } 33.080996|$ °C yang menunjukkan kelas suhu permukaan tinggi. Suhu permukaan tersebut direpresentasikan dengan warna orange atau jingga dan memiliki cakupan luasannya sekitar 133.1024 km^2 . Kelas selanjutnya adalah LST gabungan antara $|55.199 \text{ s/d } 60.6569|$ °C kelas ini menunjukkan lava dan material piroklastik. Suhu permukaan tanah pada kelas tersebut direpresentasikan warna ungu. Piksel-piksel warna ungu memiliki pola seperti longSORAN aliran lava. Selain

itu, suhu permukaan tanah pada rentang kelas tersebut memiliki luasan sekitar 12.6365 km^2 . Kelas ini dikategorikan sangat berbahaya karena erupsi yang terjadi. Kelas suhu permukaan tanah dengan rentang $|55.199 \text{ s/d } 60.6569| \text{ } ^\circ\text{C}$ juga menjadi fokus dalam penelitian ini karena rentang suhu ini dapat menunjukkan pola yang dihasilkan oleh pembentukan aliran lava setelah dimuntahkan saat erupsi. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan luasan dari rentang suhu ini sebagaimana terlihat pada Gambar 4.31.



Gambar 4.33 Citra LST setelah erupsi Semeru 2021

Tabel 4. 16 Nilai LST dan luasannya setelah erupsi 2021

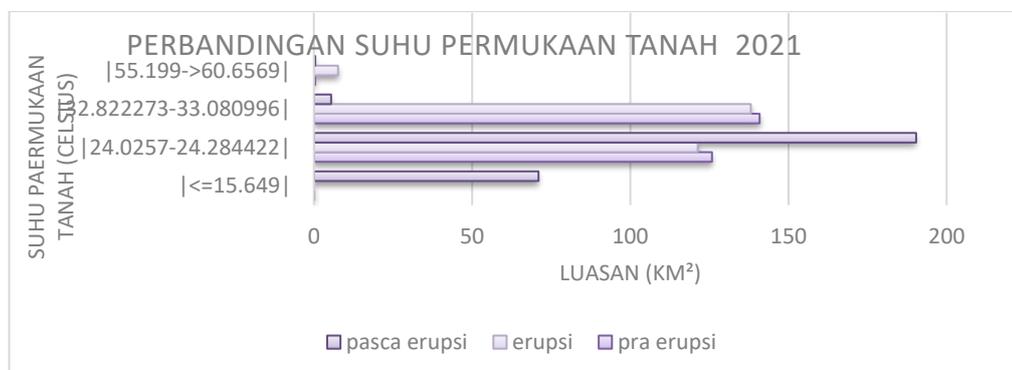
Pasca Erupsi	
LST (Celsius)	Luasan km^2
$ <=15.649 $	71.0009
$ 24.0257 \text{ s/d } 24.284422 $	188.3614
$ 32.822273 \text{ s/d } 33.080996 $	7.4526
$ 55.199 \text{ s/d } 60.6569 $	0.4311



Gambar 4.34 Diagram Nilai LST dan luasannya setelah erupsi 2021

Dilihat dari Gambar 4.31 dan Tabel 4.16 terdapat Kelas LST $|<=15.649|$ °C menunjukkan kelas suhu permukaan paling rendah. Suhu permukaan tanah tersebut direpresentasikan pada citra dengan warna piksel biru toska, terlihat kelas tersebut memiliki luasan *LST* sekitar 71.0009 km^2 . Kedua, kelas $|24.0257 \text{ s/d } 24.284422|$ °C adalah kelas suhu permukaan normal. Suhu permukaan tanah tersebut direpresentasikan pada Gambar 4.31 dengan warna piksel hijau muda dan terbaca pada Tabel 4.23 memiliki luasan sekitar 188.3614 km^2 . Ketiga, kelas *LST* dengan rentang $|32.822273 \text{ s/d } 33.080996|$ °C diindikasikan termasuk kedalam *LST* kategori tinggi. Suhu permukaan tanah tersebut pada Gambar 4.31 ditandai dengan warna piksel orange. Sedangkan terlihat pada Tabel 4.23 kelas tersebut memiliki luasan *LST* sekitar 7.4526 km^2 . Gambar 4.31 juga terlihat suhu permukaan tanah tersebut mengalami pengurangan luasan *LST*. Hal tersebut dimungkinkan oleh kondisi pengaruh erupsi Gunung Semeru 2021. Keempat, Kelas *LST* berkisar antara $|55.199 \text{ s/d } 60.6569|$ °C direpresentasikan dengan warna piksel ungu seperti titik dengan diameter sangat kecil. Hal tersebut dapat menunjukkan adanya sisa dari lava. Tabel 4.16 menunjukkan pada kelas tersebut memiliki luasan *LST* sekitar 0.4311 km^2 . Kelas ini dianggap masih cukup berbahaya dikarenakan erupsi dapat muncul kapan

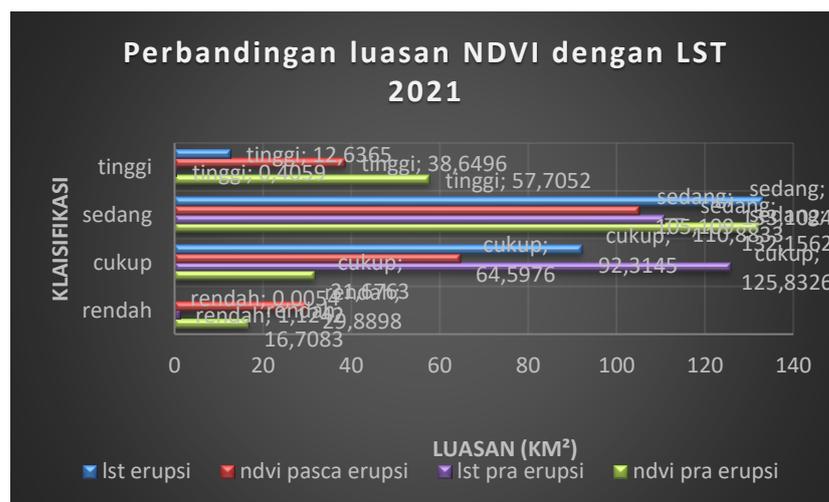
saja. Kelas *LST* ini juga menunjukkan pola yang dihasilkan oleh pembentukan lava setelah dimuntahkan oleh Semeru.



Gambar 4.35 Diagram perbandingan Nilai *LST* dan luasannya sebelum, pada saat, dan setelah erupsi Semeru

Gambar 4.35 diagram perbandingan *LST* 2021 terbagi menjadi 4 kelas. Pertama, kelas dengan rentang 55.199 s/d 60.6569 °C kategori kelas *LST* sangat tinggi menunjukkan peningkatan luasan sekitar 7.2306 km². Hal tersebut dapat dilihat dengan membandingkan antara kelas *LST* pra dan saat terjadi peristiwa erupsi. Lain halnya pasca erupsi, luasan *LST* pra hampir seperti luasan *LST* pasca erupsi pada kelas tersebut. Kelas pasca erupsi mengalami penurunan sekitar (-7.2054)km². Kelas kedua, kelas *LST* dengan rentang |32.822273-33.080996| °C termasuk *LST* tinggi. Luasan pra dan saat erupsi pada kelas tersebut mengalami penurunan luasan sekitar -2.7809km². Penurunan luasan Kelas *LST* tersebut akibat dialiri lava sehingga terjadi peningkatan luasan Kelas *LST* pada rentang 55.199 s/d 60.6569) °C. Kelas tersebut kembali mengalami perubahan yang sangat drastis sekitar 132.65km² pasca erupsi, hal tersebut dimungkinkan telah terjadi pendinginan akibat erupsi. Kelas ketiga, kelas *LST* dengan rentang |24.0257-24.284422| °C termasuk kategori *LST* normal. Perubahan pra dan saat erupsi pada kelas tersebut menunjukkan luasan sekitar - 4.5181km². Luasan Kelas *LST* inipun mengalami penurunan akibat erupsi yang menambah luasan dibandingkan kelas

sebelumnya. Berbeda setelah erupsi Semeru, luasan Kelas *LST* pada rentang tersebut juga mengalami kenaikan menjadi sekitar 69.0469km^2 . Keempat, kelas *LST* saat erupsi dengan rentang $|\leq 15.649|^\circ\text{C}$ memiliki luasan hampir sama dengan pra erupsi. Kelas *LST* saat erupsi pada rentang ini hanya memiliki luasan sekitar 0.1188km^2 . Hal tersebut berbanding terbalik pasca erupsi Semeru, luasan Kelas *LST* pada rentang $|\leq 15.649|^\circ\text{C}$ kembali peningkatan menjadi sekitar 70.9955km^2 . Dari keterangan di atas dapat ditarik bahwa saat terjadi erupsi, kondisi *LST* mengalami peningkatan. Sedangkan pasca erupsi kondisi tersebut mengalami pendinginan suhu. Hal tersebut memberikan pernyataan bahwa erupsi gunung telah memberikan efek terhadap kondisi dari *LST* daerah sekitar.



Gambar 4.36 Diagram perbandingan LST dan NDVI 2021

4.3 Pembahasan

Sebagaimana diketahui bahwa material letusan Semeru seperti lava, piroklastik, luapan lahar dingin dan abu vulkanik (*ash-fall*) secara langsung maupun tidak langsung dapat menyebabkan kematian vegetasi. Selain itu, kenaikan suhu permukaan yang cukup tinggi juga dapat mempengaruhi vegetasi. Perbedaan rona warna yang dihasilkan antara vegetasi setelah terpapar material vulkanik (LAPAN,

2015) dan vegetasi yang tidak terpapar erupsi terlihat jelas pada citra NDVI. Citra tersebut dihasilkan dari kalkulasi antara band 5 dan 4 *Landsat-8*. Kedua band tersebut sangat sensitif terhadap pantulan dari vegetasi. Pantulan gelombang dari vegetasi menghasilkan perbedaan kecerahan warna yang mencolok. Perbedaan kecerahan warna tersebut dapat mempermudah identifikasi objek (Urfiyah, 2018).

Kenaikan nilai *LST* disebabkan pergerakan magma dari dalam bumi (Reforma, 2019). Selain itu, kenaikan dari *LST* dipicu oleh lelehan lava akibat erupsi Semeru pada daerah yang dilewatinya. Sebaran *LST* tersebut dapat dideteksi melalui citra *Landsat-8*. Sebaran *LST* direpresentasikan oleh perbedaan rona warna citra band 10 yang telah diekstraksi dari digital number menjadi radian spektral. Data citra tersebut tidak dapat langsung diolah menjadi bilangan digital (*digital number*)-nya, terlebih dahulu melalui beberapa tahapan konversi untuk mendapatkan nilai *LST* yang sebenarnya. *LST* penelitian ini ditentukan dengan menggunakan algoritma *mono-Window*. Algoritma ini diaplikasikan untuk mengidentifikasi *LST* dengan menggunakan citra *Landsat-8* band 10. Sebenarnya TIRS memiliki 2 band (band 10 dan 11). Terdapat alasan digunakannya *band 10* dikarenakan terdapat gangguan (*stray light*) dan ketidakpastian kalibrasi sensor pada band 11 sejak 29 Maret 2016 (Kevin, 2019).

Penelitian Siti (2016) menunjukkan bahwa dampak dari erupsi Gunung Kelud menjadikan vegetasi terkena lava dan material piroklastik mengalami kerusakan. Selanjutnya, Dampak dari kejatuhan abu vulkanik terhadap lingkungan dapat meluas dan berlangsung lama. Beliau lebih lanjut menegaskan bahwa daerah yang terkena hujan abu vulkanik atau *ash-fall* dapat mengalami penurunan indeks vegetasi. Sedangkan daerah yang terkena lava atau material piroklastik menjadi

kelas non vegetasi. Kondisi tersebut dibuktikan dengan *Transformation NDVI* (Siti, 2016).

Hasil penelitian Refoma (2018) juga menunjukkan terdapat penurunan vegetasi pada daerah terdampak erupsi dengan perbandingan citra *NDVI* pra dan pasca erupsi. Hasil penelitian tersebut memperkuat hasil penelitian ini. Penelitian Betti (2012) dalam penentuan *NDVI* dengan citra *ASTER* area gunungapi yang direkam pada 15 November 2010. Hasil penelitian Betti tersebut memperlihatkan bahwa telah terjadi penurunan indeks vegetasi di lokasi aliran material piroklastik (Betti, 2012). Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian ini sebagaimana terlihat pada Gambar 4.12 yang menunjukkan bahwa nilai *NDVI* daerah yang terkena aliran material piroklastik berbeda dengan daerah yang tidak terkena aliran tersebut.

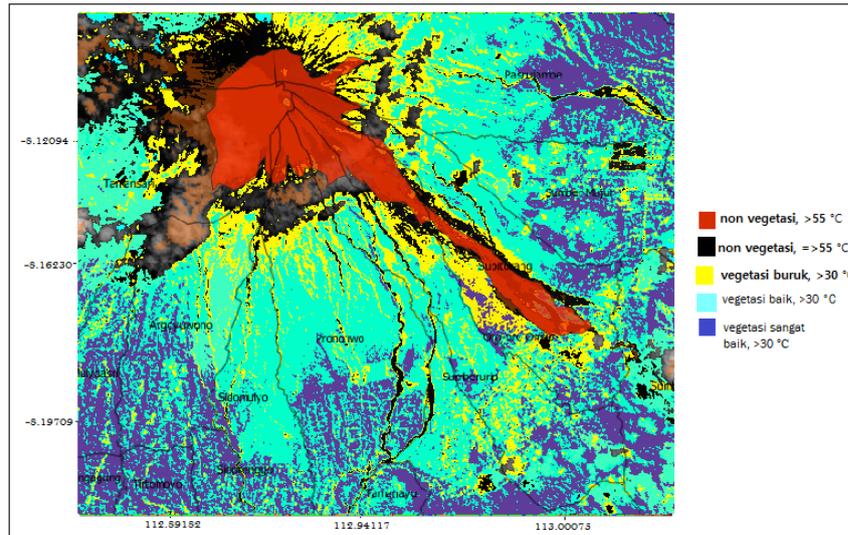
Chonisia (2020) menyatakan bahwa aktivitas pergerakan magma dapat menaikkan *LST* $>30^{\circ}\text{C}$ dibandingkan sebelum erupsi. Penelitian tersebut menunjukkan peningkatan aktivitas erupsi mempengaruhi *LST* pada sekitar lereng Semeru, nilai *LST* tersebut meningkat hingga kisaran 31 s/d 32°C . Hasil penelitian Chonisia tersebut juga menunjukkan lelehan lava yang memanjang dan memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan kawasan sekitarnya. Nilai *LST* tersebut memiliki kisaran di $>50^{\circ}\text{C}$ (Chonisia, 2020). Hasil penelitian Chonisia tersebut mendukung hasil penelitian ini sebagaimana dapat diamati pada Gambar 4.31 yang menunjukkan pola seperti lelehan lava yang memiliki nilai *LST* $>50^{\circ}\text{C}$.

Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Flynn (2001) dengan menggunakan Landsat 7 pada 23 Januari 2000 telah dapat mengukur *LST* (*LST*) antara 40 s/d 111°C pada daerah aliran lava sepanjang 2,5 km yang muncul dari ventilasi Caliente Santiaguito. Penelitian Flynn ini juga mendukung hasil penelitian

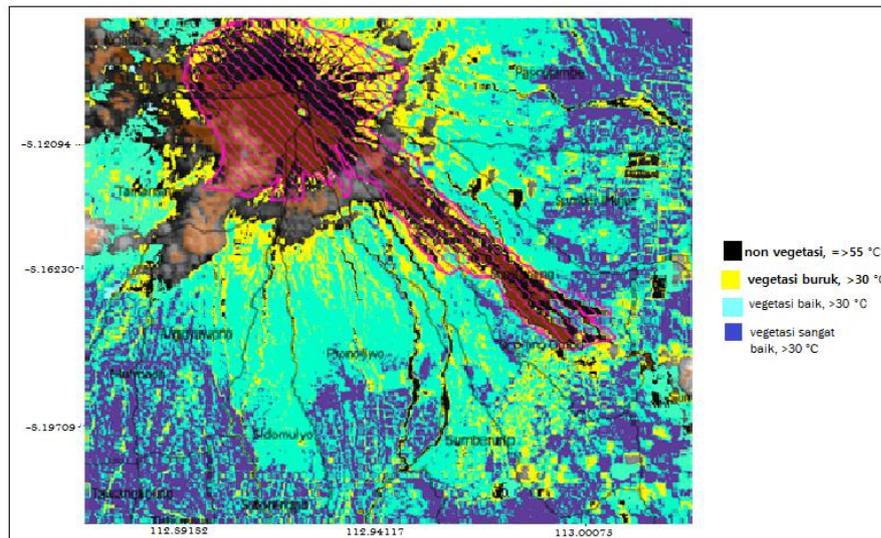
ini yang menunjukkan kenaikan $LST >50\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada area sepanjang 13 km. Hal ini menunjukkan hubungan antara LST dengan KRB.

Menurut Urfiyah, terdapat hubungan antara LST (suhu permukaan tanah) dengan nilai indeks vegetasi ($NDVI$) yaitu semakin rendah nilai $NDVI$ maka semakin tinggi LST dan begitupun sebaliknya (Urfiyah, 2019). Gambar 4.11 dan 4.30 menunjukkan berturut-turut citra $NDVI$ dan LST pra erupsi. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa pada daerah yang memiliki nilai $NDVI$ tinggi ternyata memiliki nilai LST rendah, dan sebaliknya. Hal tersebut sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Urfiyah bahwa $NDVI$ berbanding terbalik dengan LST sebagaimana sudah dijelaskan di atas. Kondisi demikian dapat juga dianalisis dengan memproses visual dari perbandingan citra Gambar 4.12 dan Gambar 4.33.

Hubungan antara $NDVI$ dan LST dengan erupsi Semeru dapat dilihat pada Gambar 4.36 menjelaskan bahwa erupsi telah mempengaruhi LST dan $NDVI$. Pengaruh tersebut dipahami dari setidaknya dua kelas $NDVI$, yaitu kelas non vegetasi dan kelas vegetasi buruk. Kelas non vegetasi terjadi diakibatkan timbunan material piroklastik erupsi Semeru tahun 2021. Sedangkan kelas vegetasi buruk terjadi diakibatkan vegetasi terkena luapan banjir lahar dingin dan hujan abu vulkanik atau *ash-fall* erupsi Semeru. LST seringkali meningkat drastis $>40\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama letusan gunung berapi, sementara nilai $NDVI$ nya turun menjadi 0.25. Jadi dapat dipahami bahwa hujan abu vulkanik berdampak langsung ke komponen LST dan $NDVI$ (Schutter, 2015).



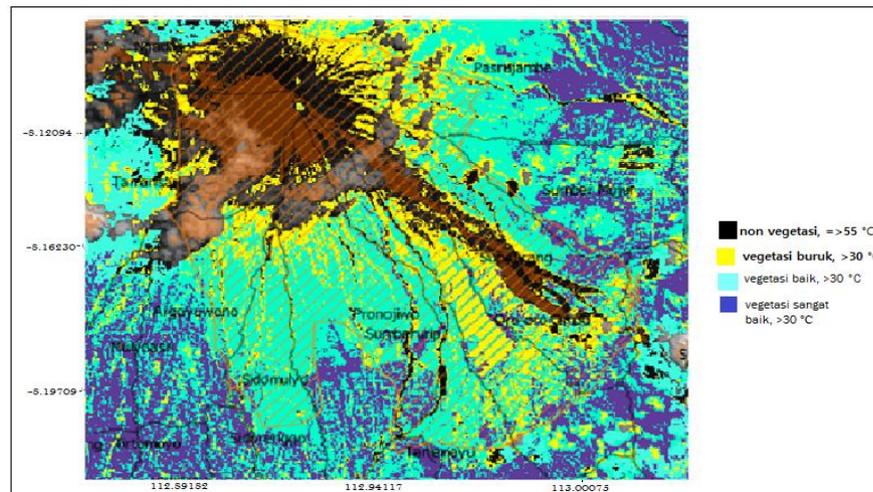
Gambar 4.37 Pola aliran lava hasil overlay NDVI dan LST



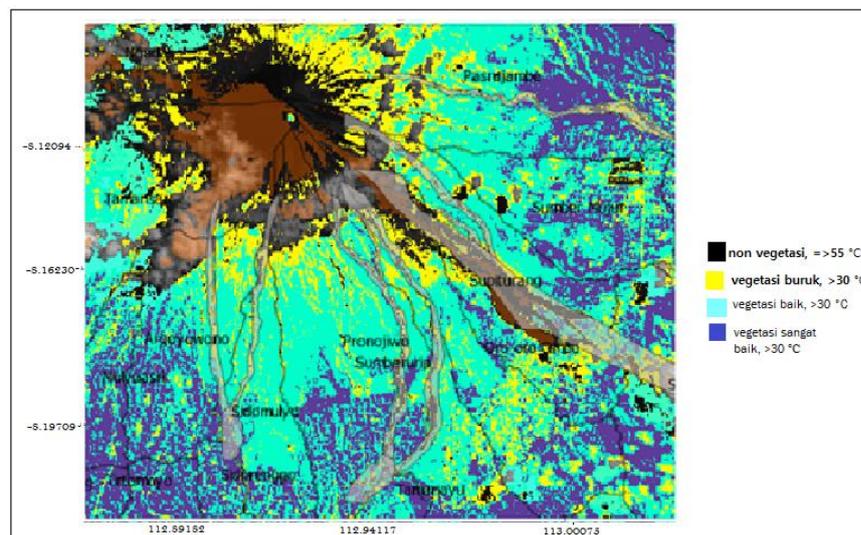
Gambar 4.38 Pola sebaran material piroklastik berdasarkan NDVI dan LST

Gambar 4.37 menunjukkan pola aliran lava dengan suhu $>50\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan vegetasi rendah dari pusat kawah hingga tenggara Semeru dengan panjang $<14\text{ km}$. Gambar 4.38 menunjukkan timbunan material piroklastik. Daerah tersebut termasuk daerah non vegetasi dengan LST lebih rendah pola aliran lava. Daerah yang terkena perluasan lahar dan sebaran *ash-fall* tampak berwarna kuning pekat dan teridentifikasi terjadi penurunan indeks vegetasi. Gambar 4.38 juga merepresentasikan material piroklastik memiliki ukuran yang besar. Hal tersebut

menimbulkan potensi bahaya bagi manusia dan lingkungan sekitarnya. Dari indentifikasi pola aliran lava dan timbunan material piroklastik dapat dijadikan sebagai rujukan keterkaitan antara *LST* dengan KRB erupsi Semeru. Oleh karena itu, daerah tersebut dikategorikan sebagai zona KRB III atau zona yang paling berbahaya.



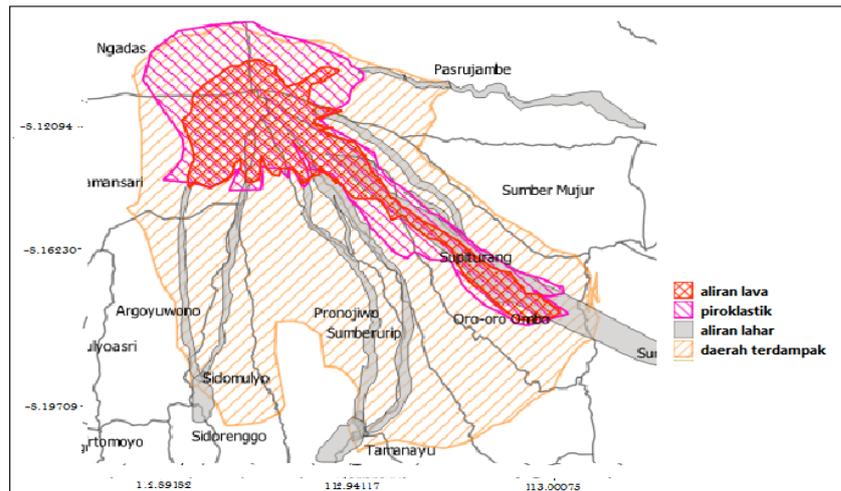
Gambar 4.39 Daerah terdampak akibat erupsi Semeru



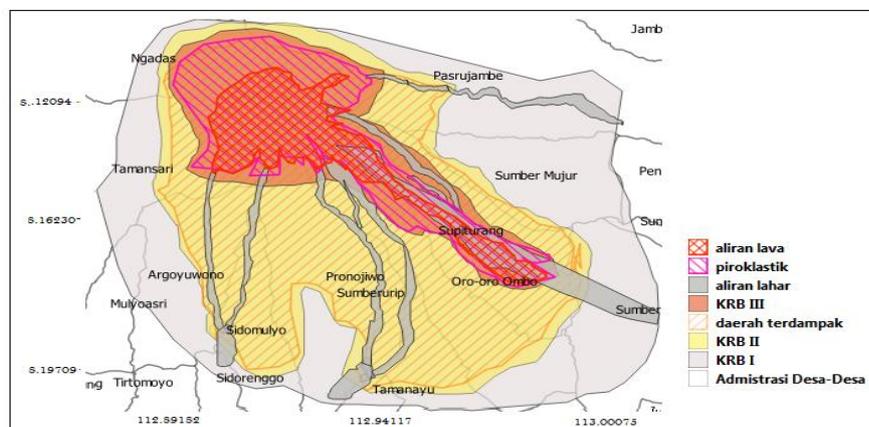
Gambar 4.40 Aliran lahar hasil overlay NDVI dan LST

Dari hasil *overlay* antara *NDVI* dan *LST* pada Gambar 4.39 terlihat adanya indikasi sebaran abu vulkanik atau *ash-fall* dan peluasan banjir lahar 31 - 33 °C. Indikasi adanya luapan lahar dingin didasari oleh adanya aliran lahar yang berada

disekitar vegetasi yang menurun. Hal tersebut menjadikan termasuk kategori kawasan daerah terdampak erupsi dan dimasukkan kedalam zona KRB II erupsi Semeru. Sedangkan pada Gambar 4.40 menunjukkan daerah aliran lahar dingin yang masih memiliki vegetasi yang sangat tinggi suhu di bawah 25°C masuk ke dalam KRB I.



Gambar 4. 41 overlay beberapa SHP



Gambar 4.42 Peta Kawasan Rawan Bencana Erupsi Semeru

Dari hasil overlay antara beberapa SHP (*Shapefile*) pada Gambar 4.41 kemudian diklasifikasikan menjadi 3 kelas. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.42 dengan kriteria KRB III yaitu daerah yang terlanda aliran lava, timbunan material piroklastik dan aliran lahar dingin bersuhu tinggi kisaran $>50^{\circ}\text{C}$. Daerah

ini masuk ke dalam zona KRB III erupsi Semeru dan dikategorikan sangat berbahaya. Daerah tersebut meliputi: sebagian Pronojiwo, Supiturang, Oro-Oro Ombo, sebagian Pasrujambe dan sebagian Ngadas. Sedangkan zona kedua dengan klasifikasi zona daerah terdampak dari banjir lahar dingin dan hujan abu vulkanik dengan kisaran LST antara 31 – 33°C. Daerah ini dikategorikan sebagai zona KRB II erupsi Semeru yang meliputi: sebagian Pasrujambe, sebagian Sumbermujur, Sumberurip, sebagian Pronojiwo dan Argoyuwono. Sedangkan zona KRB I erupsi Semeru dengan karakteristik berpotensi terkena aliran lahar dingin. Zona KRB I erupsi Semeru ini terdeteksi oleh Satelit *Landsat-8* memiliki vegetasi yang cukup baik. Penurunan luasan vegetasinya tidak begitu besar dan suhunya <25°C. Daerah ini mencakup sebagian Ngadas, Tamansari, Argoyuwono, Sidomulyo, Sidorenggo, Tamanayu, Sumberwuluh, Sumber Mujur dan Pasrujambe.

Tabel 4. 17 Luasan daerah terdampak erupsi Semeru 2021

Potensi	Luasan km ²	Wilayah
Kawah	15.2963	Ngadas, Pasrujambe, Pronojiwo
Longsor lava sebelah tenggara	12.885	Supiturang, Sumberurip, Oro-Oro Ombo, Sumberwuluh
Daerah penurunan vegetasi tenggara	19.007	Supiturang, Sumberurip, Oro-Oro Ombo, Sumberwuluh
Daerah penurunan vegetasi selatan	17.746	Argoyuwono, Pronojiwo, Sidomulyo
Daerah penurunan vegetasi timur	14.323	Pasrujambe

Daerah penurunan vegetasi barat	10.96	Ngadas
Aliran lahar Pasrujambe	0.415	Pasrujambe
Aliran lahar Argoyuwono dan sekitar	0.637	Argoyuwono, Sidomuyo
Aliran lahar Ngadas dan sekitar	0.127	Ngadas, Tamanayu, Tamansatyian
Aliran lahar Pronojiwo	1.08	Pronojiwo
Aliran lahar kali Besuk Kobokan	1.007	Sumberurip
Aliran lahar Kali Besuktempeh	0.611	Sumbermujur
Total	94.0943	

Kesamaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Cholisina (2020), sama-sama membuktikan erupsi gunung dapat mempengaruhi *LST* dan *NDVI*. Sedangkan perbedaan antara penelitian ini dengan terdahulu, pertama penelitian ini hanya menunjukkan perubahan *LST* akibat erupsi dalam waktu sebulan; Sementara itu, Reforma (2017) yang hanya sebatas ingin mengetahui jejak aliran lava; Kedua, perbedaan lainnya yaitu penelitian ini telah menghasilkan pola dengan format *SHP (shapefile)* dari aliran lava yang teramati saat berlangsungnya erupsi dan selanjutnya digunakan dalam penentuan KRB; Sedangkan, beberapa penelitian sebelumnya sebatas mengidentifikasi perubahan *NDVI* akibat erupsi gunung berapi. Perbedaan selanjutnya, penelitian ini menggunakan *NDVI* sebagai penentu KRB melalui deteksi pola aliran lava, timbunan material piroklastik, aliran

dan sebaran lahar dingin serta hujan abu vulkanik melalui perbandingan *NDVI* pra dan pasca erupsi 2021; Sedangkan penelitian sebelumnya, KRB ditentukan dengan menggunakan parameter ketinggian sebagai penentu jarak letusan tanpa mempertimbangkan berbagai material hasil erupsi Semeru.

Peta yang dihasilkan penelitian ini juga memiliki perbedaan dengan peta KRB erupsi Semeru yang dihasilkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Perbedaannya, peta KRB ini mengaplikasikan metode pengintegrasian nilai *NDVI* dan *LST* erupsi Semeru tahun 2021 yang dihasilkan pada penelitian ini bersifat sebagai peta yang mengidentifikasi daerah yang terkena dampak erupsi; Sedangkan peta KRB yang dihasilkan oleh BNPB menunjukkan daerah yang berpotensi terkena erupsi Semeru. Namun kedua model penelitian tersebut memiliki persamaan dalam hal penetapan KRB I, II dan III. KRB I sama-sama menunjukkan daerah yang berpotensi terkena atau terlanda luapan lahar dingin dan tertimpa hujan abu vulkanik; KRB II memuat tentang daerah yang terkena atau telah terlanda perluasan dari banjir lahar dingin dan hujan abu vulkanik; Sedangkan KRB III menunjukkan daerah yang terlanda aliran lava.

Sedangkan perbedaan lain, terkait erupsi Semeru yang dapat diidentifikasi dari hasil penelitian ini dan penelitian BNPB adalah adanya 2 pola aliran lahar di bagian paling barat pada peta BNPB (2014); Sebaliknya pada peta hasil penelitian ini tidak ditemukan 2 pola aliran lahar tersebut. Namun dari kedua penelitian tersebut ditemukan adanya pola longsoran di bagian tenggara akibat erupsi Semeru. Sayangnya peta yang dihasilkan penelitian ini belum mampu menjangkau letusan akibat wedus gembel; sedangkan peta BPNB telah dapat menunjukkan jangkauan letusan.

Selain itu, kelebihan peta yang dihasilkan dari penelitian ini yaitu dapat menunjukkan suhu dari aliran lava dan material piroklastik; Sedangkan peta yang dihasilkan BPNB tidak mampu menunjukkan suhunya. Perbedaan lainnya dari peta yang dihasilkan dalam penelitian ini dan BNPB adalah adanya wilayah yang sebelumnya tercakup dalam KRB II menjadi masuk ke dalam tingkat paling rawan yaitu KRB III erupsi Semeru yang meliputi kecamatan Pronojiwo; Sedangkan untuk desa terdampak adalah Supit Urang dan Oro-oro Ombo.

Dari pembahasan hasil penelitian ini sebagaimana telah dibahas di atas, maka dapat dipahami bahwa *NDVI* dan *LST* dapat dijadikan sebagai penentu peta KRB Semeru. Peta KRB Semeru ini dimungkinkan dijadikan acuan dalam mitigasi bahaya erupsi Semeru. Namun agar dapat menentukan zona KRB secara lebih tepat dan akurat, maka dirasakan masih perlu untuk mengintegrasikannya dengan perhitungan parameter ketinggian agar nantinya dapat diperoleh informasi tentang jarak letusan Semeru.

4.4 Persektif Mitigasi Bencana dalam Fikih Kebencanaan

Bencana erupsi Semeru masih mengancam warga sekitar, hal tersebut dikarenakan Semeru merupakan salah satu gunung aktif di Indonesia. Dampak yang ditimbulkan juga tidak main-main. Dampak tersebut antara lain, aliran lava, material piroklastik hujan, abu vulkanik, dan banjir lahar dingin. Untuk menanggulangi bencana tersebut, maka dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain: Pemantauan terhadap aktivitas gunung, Tanggap darurat, Pemetaan kawasan rawan bencana (KRB), Penyelidikan terhadap morfologi gunung dan melakukan sosialisasi tentang kegunungan.

Proses pemetaan kawasan rawan bencana erupsi ini merupakan bentuk penyelamatan dan menanggulangi ancaman serta resiko dalam menghindari timbulnya korban jiwa. Dari sudut pandang teologi Islam, penyelamatan dari bencana bentuk kewajiban yang dikenal dalam beberapa prinsip (Syadzili, 2007), yaitu; segala tindakan dan tindakan yang dapat menimbulkan bencana harus dicegah. Prinsip ini sesuai dengan kaidah Ushul Fiqh yang menyatakan:

يُرْأَى الضَّرُّ

Artinya, "Kemudlaratan itu harus dihilangkan."

Sementara itu, dalam mitigasi bencana berpusat pada mempertahankan 5 aspek tujuan syariat (maqashid syariah). Teori paling umum, Maqashid Syariah mencakup dari lima macam tujuan, yang terdiri dari menjaga agama (*hifdzu al-din*), menjaga diri (*hifdzu al-Nafs*), menjaga akal (*hifdzu al-‘Aql*), menjaga harta (*hifdzu al-Mal*), dan menjaga keturunan (*hifdzu al-Nasl*). Oleh karena itu, seluruh detail hukum Islam tidak boleh lepas dari tujuan hukum Islam itu sendiri, semua harus membawa kebaikan bagi hidup manusia. Tidak boleh menyimpang dari maqashidu syariah. Aspek menjaga jiwa sangat dominan dalam melandasi fatwa-fatwa proses pemetaan KRB Semeru. Di samping prinsip-prinsip untuk mitigasi itu, Allah mengajarkan prinsip-prinsip yang mendorong manusia untuk merespons bencana dengan baik. Islam mengharuskan manusia untuk menjaga keselamatan baik diri sendiri maupun orang lain (*hifdzu al-Nafs*). Oleh karena itu, dalam teori Fikih Kebencanaan faktor pencegahan dan pengurangan risiko bencana mendapat prioritas utama dan untuk mengakrabi, bencana sehingga dapat maksimal dalam mengantisipasi terjadinya bencana sehingga dapat meminimalkan dampak yang ditimbulkan oleh bencana tersebut (Farhan, 2020).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat dua kelas vegetasi yang mengalami perluasan yaitu kelas vegetasi buruk sekitar 32.9213 km² diindikasikan terkena banjir lahar dingin dan hujan abu vulkanik, dan kelas non vegetasi sekitar 13.1815 km² diidentifikasi aliran lava dan material piroklastik (wedogembel). Sedangkan terdapat juga dua kelas yang mengalami penurunan luasan yaitu kelas vegetasi baik sekitar -27.047 km² dan kelas vegetasi sangat baik sekitar -19.056 km². Hal ini menunjukkan bahwa dampak dari erupsi telah mempengaruhi kondisi vegetasi sekitar Semeru.
2. Terjadi perubahan luasan *LST* pada semua kelas saat erupsi antara lain: kelas rendah sekitar -0.1188 km²; kelas normal sekitar -4.5181 km²; kelas tinggi sekitar -7.7809 km²; dan kelas sangat tinggi sekitar 12.2306 km². Sedangkan pasca erupsi juga terjadi perubahan luasan *LST* kelas rendah sekitar 70.9469 km²; kelas normal sekitar 67.0469 km²; kelas tinggi sekitar -125.6498 km²; dan kelas sangat tinggi sekitar -12.2054 km².
3. Peta KRB Semeru dihasilkan dari pengintegrasian metode *NDVI* dan *LST*. *NDVI* dapat menunjukkan pola sebaran material piroklastik, luapan lahar dingin, aliran lahar dingin, serta sebaran ash-fall; Sedangkan *LST* dapat menunjukkan pola aliran lava. KRB III didasarkan pada daerah terkena aliran lava dan sebaran material piroklastik dengan suhu >50°C; KRB II ditentukan pada daerah yang terkena luapan lahar dingin dan terkena perluasan ash-fall

dengan suhu $>30\text{ }^{\circ}\text{C}$; sedangkan KRB I didasarkan pada daerah yang berpotensi terkena luapan lahar dingin dengan suhu $>23\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini disarankan untuk pemetaan KRB erupsi Semeru ataupun gunung berapi lainnya secara lebih tepat dan akurat mungkin perlu memperhatikan dan memperhitungkan arah dan ketinggian letusan dalam menentukan jarak dan pemetaan model sebaran erupsinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Asriningrum, Wikanti. 2004. Pengembangan Metode Zonasi Kawasan Bahaya Letusan Gunungapi. Studi kasus Gunung Merapi. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Digital*. Vol.1, No. 1, Juni 2004:66-75.
- Astrini, Retno. 2014. Modul Pelatihan Quantum GIS Tingkat Dasar. NTB: BAPPEDA.
- Abdillah, I. N. 2022. Siaga Bencana dalam Islam [Internet]. <https://aceh.tribunnews.com/2011/12/23/siaga-bencana-dalam-islam>
- Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana. 2007. Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia. Direktorat Mitigasi, Lakhar Bakornas PB, Jakarta.
- BNPB. (2014). Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi Semeru.
- Bujung, dkk. 2010. Identifikasi Panas Bumi Berdasarkan Landsat EM-5. *Jurnal Lingkungan Bencana Geologi*.
- Chonisia, Anik. dkk. 2020. Korelasi Peningkatan Temperatur Permukaan Tanah dan Aktivitas Seismik di Gunung Anak Krakatau pada tahun 2018 *Correlation of Increasing Land Surface Temperature and Seismic Activit. Journal of Environment and Geological Hazards ISSN: 2086-7794, e-ISSN: 2502-8804*.
- Farkhan. 2020. Studi Komparatif Fikih Bencana Muhammadiyah dan Nahdlatul Ulama. *Jurnal Ilmu Syari'ah Dan Hukum*. Vol. 5, Nomor 2
- Flynn, L. P., dkk, "Improved identification of volcanic features using Landsat 7 ETM+," *Jurnal Remote Sensing of Environment* 78(1-2), 180-193 (2001).
- Katili, Chih Hsiang Ho, Eugene I. Smith, Deborah L. Keenan. 2006. Hazard Zone and Probability of Volcanic Disruption of The Proposed High Level radioactive Waste Repository at Yucca Mountain. Nevada, USA, Springer Verlag.
- Khomarudin, M.R., Wiweka, & Sofan, P. (2014). Pemanfaatan Penginderaan Jauh Untuk Mitigasi Bencana di Indonesia. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Jakarta.
- Lillesand, T.M dan R.W. Kiefer. 1997. Remote Sensing and Image Interpretation. New York: John Willey and Sons Inc.
- PVMBG. 2021. Kebencanaan Geologi. <https://vsi.esdm.go.id>. 6 Desember 2021.
- PVMBG. 2021. Press Release Aktivitas G. Semeru-Jawa Timur 4-5 Desember 2021. <https://vsi.esdm.go.id>. Diakses pada 6 Desember 2021.

- Rahayu, Ariyanto, dkk. (2014). Dampak Erupsi Gunung Merapi Terhadap Lahan dan Upaya-Upaya Pemulihannya. *Caraka Tani -Jurnal Ilmu Pertanian Vol. XXIX No. 1 Maret 2014. Dipetik pada tanggal 7 November 2021 dari: <https://jurnal.uns.ac.id/carakatani/article/view/13320>*.
- Reforma, H. dkk. 2018. Uji Perbandingan Interpretasi Visual dan Digital menggunakan Transformasi Normalized Difference Vegetation Index pada Landsat-8 untuk Deteksi Luasan Dampak Erupsi Gunung Sinabung Tahun 2013-2014. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi*.
- Syadzili, Fawaid. 2007. Penanggulangan Bencana Berbasis Masyarakat dalam Perspektif Islam. Jakarta: CBDRM Nahdlatul Ulama. h. 60-62.
- Susilo, Aryadi. N. 2014. ANALISIS TINGKAT RESIKO ERUPSI GUNUNG MERAPI TERHADAP PERMUKIMAN DI KECAMATAN KEMALANG, KABUPATEN KLATEN. *Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota)*, vol. 3, no. 1, pp. 34-49, Feb. 2014. <https://doi.org/10.14710/tpwk.2014.4352>.
- Susilo, Setyo Budi. 2017. Penginderaan Jarak Jauh “Ocean Color”. Bogor: PT Penerbit IPB Press.
- Sutanto. 1992. Penginderaan Jauh Dasar I. Yogyakarta : *Gadjah Mada University Press*.
- Suwarsono, dkk. Spatio-Temporal Anomalis in Surface Brightness Temperatur Prediction Volcano Eruptions Detection by the Landsat-8 Thermal Infrared Sensor Case Study: (KARANGETANG VOLCANO) *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences Vol. 18 No. 1 June 2021*.
- USGS, 2015. Landsat 8 (L8) Data Users Handbook Version 1.0. EROS Sioux Falls, South Dakota.
- Utama, Widya., dkk. Daerah Potensi Penentuan Rawan Bencana Letusan Gunung Kelud Menggunakan Citra Satelit. *Jurnal Penginderaan Jauh. Vol. 8, no. 2, ITS Surabaya. 2015*.
- Wikanti, Asriningrum, 2002. Studi Kemampuan Landsat ETM+ untuk Identifikasi Bentuklahan (Landforms) Di Daerah Jakarta-Bogor, *Tesis S-2, Program Pascasarjana IPB, Bogor*.
- Wright, R., Flynn, L., Garbeil, H., Harris, A., & Pilger, E., 2002. Automated Volcanic Eruption Detection using MODIS, *Journal of Remote Sensing of Environment, 82, 1350-155*.
- Yuniarsih, Betti. 2014. Sukses Vegetasi Gunung Merapi Menggunakan NDVI. Yogyakarta: Jurnal Fakultas Pertanian Instiper.

LAMPIRAN

Lampiran 1. METADATA LANDSAT-8

GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 5.426
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 3.931
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 3.741
RADIANCE_MINIMUM_BAND_10 = 0.10033
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_10 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_10 = 1
END_GROUP = LEVEL1_MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = LEVEL1_RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 9.6919E-03
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 5.9309E-03
RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -48.45933
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -29.65469
RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
END_GROUP = LEVEL1_RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = LEVEL1_THERMAL_CONSTANTS
K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853
K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789
END_GROUP = LEVEL1_THERMAL_CONSTANTS
GROUP = LEVEL1_PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"

```
UTM_ZONE = 49  
GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 15.00  
GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00  
GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00  
ORIENTATION = "NORTH_UP"  
RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"  
END_GROUP = LEVEL1_PROJECTION_PARAMETERS  
END_GROUP = LANDSAT_METADATA_FILE  
END.
```

Lampiran 2. Perhitungan

Diketahui:

$X = 113.161667$	(Posisi Bujur Timur)	Akses di aplikasi QGIS
$Y = 8.276389$	(Posisi Lintang Selatan)	Akses di aplikasi QGIS
$M_{L(band\ 4)} = 0.00002$	(REFLECTANCE_MULT_BAND_4)	Akses Metadata
$A_{L(band\ 4)} = -0.1$	(REFLECTANCE_ADD_BAND_4)	Akses Metadata
$M_{L(band\ 5)} = 0.00002$	(REFLECTANCE_MULT_BAND_5)	Akses Metadata
$A_{L(band\ 5)} = -0.1$	(REFLECTANCE_ADD_BAND_4)	Akses Metadata
$M_{L(band\ 10)} = 0.00033420$	(RADIANCE_MULT_BAND_10)	Akses Metadata
$A_{L(band\ 10)} = 0.10000$	(RADIANCE_ADD_BAND_10)	Akses Metadata
$Q_{Cal\ (band\ 4)} = 5397$	(DIGITAL NUMBER)	Akses di aplikasi QGIS
$Q_{Cal\ (band\ 5)} = 5140$	(DIGITAL NUMBER)	Akses di aplikasi QGIS
$Q_{Cal\ (band\ 10)} = 30668$	(DIGITAL NUMBER)	Akses di aplikasi QGIS
$K1 = 774.8853$	(K1_CONSTANT_BAND_10)	Akses Metadata
$K2 = 1321.0789$	(K1_CONSTANT_BAND_11)	Akses Metadata
$\varepsilon_{\lambda} = 0.985$	(Akses Manual Landsat-8, 2016)	
$\lambda = 10.8\ \mu m$	(Akses Manual Landsat-8, 2016)	

Koreksi Radiometrik

$$\begin{aligned}
 L_{\lambda(band\ 4)} &= Q_{Cal\ (band\ 4)} \times M_{L(band\ 4)} + A_{L(band\ 4)} && \text{(Rumus 2.2)} \\
 &= 59987 \times 0.00002 + (-0.1) \\
 &= 599,77
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{\lambda(band\ 5)} &= Q_{Cal\ (band\ 5)} \times M_{L(band\ 5)} + A_{L(band\ 5)} && \text{(Rumus 2.2)} \\
 &= 24240 \times 0.00002 + (-0.1) \\
 &= 242,4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{\lambda(\text{band } 10)} &= Q_{Cal(\text{band } 10)} \times M_{L(\text{band } 10)} + A_{L(\text{band } 10)} \quad (\text{Rumus 2.2}) \\
 &= 26668 \times 0.00033420 + 0.10000 \\
 &= 9.0124456
 \end{aligned}$$

Perhitungan NDVI:

$$\begin{aligned}
 \text{NDVI} &= \frac{(L_{\lambda(\text{band } 4)} - L_{\lambda(\text{band } 5)})}{(L_{\lambda(\text{band } 4)} + L_{\lambda(\text{band } 5)})} \quad (\text{Rumus 2.1}) \\
 &= \frac{(599,77 - 242,4)}{(599,77 + 242,4)} = 0,4241
 \end{aligned}$$

Perhitungan Suhu Kecerahan

$$T_B = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda(\text{band } 10)}} + 1\right)} - 273 \quad (\text{Rumus 2.3})$$

$$T_B = \frac{1321.0789}{\ln\left(\frac{774.8853}{9.0124456} + 1\right)} - 273$$

$$T_B = 24.5978 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Perhitungan LST

$$LST = \frac{T_B}{\left\{1 + \left[\left(\frac{\lambda T_B}{c_2}\right) (\ln \varepsilon_\lambda)\right]\right\}} \quad (\text{Rumus 2.6})$$

$$LST = \frac{24.5978}{\left\{1 + \left[\left(\frac{10.8 \times 24.5978}{14388}\right) \times \ln(0.985)\right]\right\}}$$

$$LST = 24.15188 \text{ } ^\circ\text{C}$$