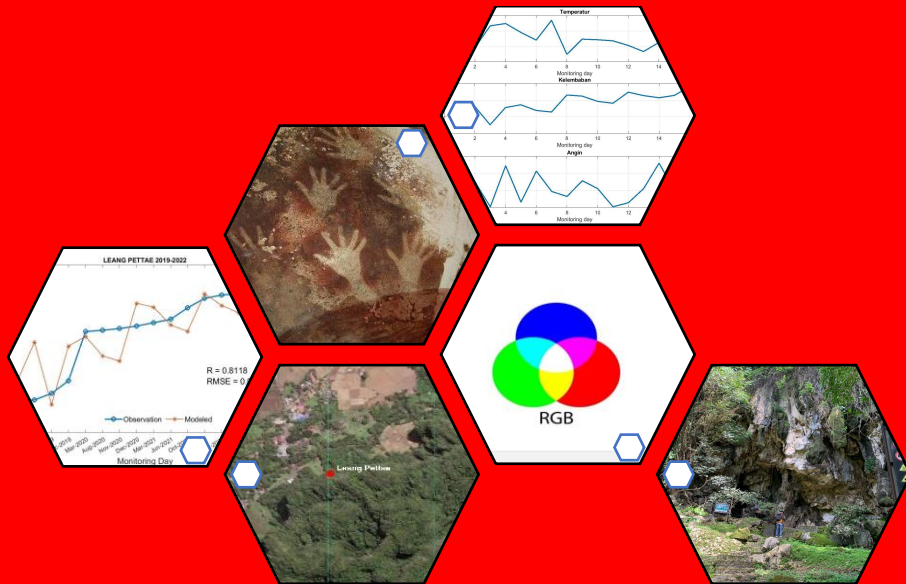


# ANALISIS PENGARUH CUACA TERHADAP KERUSAKAN LUKISAN PUBAKALA DI LEANG PETTAE



EMI ASMIRANDA  
H061201061



PROGRAM STUDI GEOFISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024

**ANALISIS PENGARUH CUACA TERHADAP KERUSAKAN LUKISAN  
PUBAKALA DI LEANG PETTAE**

**EMI ASMIRANDA  
H061201061**



**PROGRAM STUDI GEOFISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**ANALISIS PENGARUH CUACA TERHDAP KERUSAKAN LUKISAN  
PUBAKALA DI LEANG PETTAE**

**EMI ASMIRANDA  
H061201061**

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Geofisika

pada

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**Disusun dan Diajukan Oleh:**

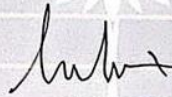
**EMI ASMIRANDA**

**H061201061**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Program Sarjana Program Studi Geofisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin

Pada 11 Juni 2024  
Dinyatakan Telah Memenuhi syarat Kelulusan

Menyetujui,  
Pembimbing Utama



**Prof. Dr. Halmar Halide, M. Sc.**  
**NIP.196303151987101001**

Ketua Departemen Geofisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin



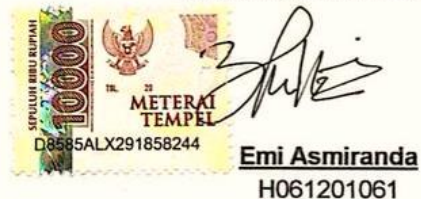
**Dr. Muh. Afimuddin Hamzah, M. Eng**  
**NIP.196709291993031003**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul "**Analisis Pengaruh Cuaca Terhadap Kerusakan Lukisan Purbakala di Leang Pettae**". Adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 11 Juni 2024



**Emi Asmiranda**  
H061201061

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan disertasi ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dan arahan Bapak **Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc**, sebagai pembimbing, Bapak **Dr. Muh. Hamzah S, S.Si, MT** dan Bapak **Andika S. Si, M.Si** selaku dosen penguji dalam pelaksanaan seminar hasil dan sidang skripsi geofisika. Saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng.** selaku Ketua Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Ucapan terima kasih kepada **Balai Besar Pelestarian Cagar Budaya (BPCB) Sulawesi Selatan** yang telah memberikan fasilitas berupa data kepada penulis untuk pengerjaan skripsi ini. Terima kasih juga saya sampaikan kepada **Seluruh Dosen Departemen Geofisika, Staf Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, dan Staf Departemen Geofisika vii Universitas Hasanuddin**, atas semua ilmu yang telah diajarkan, serta pelayanan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.

Ucapan terima kasih sedalam-dalamnya kepada orang tua dan keluarga kecil tercinta Ayahanda **Nur Alim** dan Ibunda **Sugianti**, serta Saudari tersayang **Erna Lestari, Erni Pratiwi, Nurfadila** dan **Nadisya Indira** serta seluruh keluarga besar penulis **Keluarga Besar Masaong** terkhusus **Alm. Atta Subhan, Atta Syamsiah, Kak Tri Wahyudi** dan **Keluarga Besar Jawaliah** terkhusus **Paci Makmur, Macik Salmah, Kak Vikram, Jannah, Mira, Sukma, Anti, dan Fitria** yang selalu memberikan dukungan moral maupun material, doa, dan kasih sayang tulus yang tiada hentinya untuk penulis.

Kepada teman-teman **Geofisika 2020** terkhusus **T20POSFER** saya mengucapkan terima kasih telah berjuang bersama-sama dari mahasiswa baru sampai kita menyelesaikan pendidikan S1 Geofisika, terima kasih selalu membersamai dan mendukung selama kurang lebih 4 tahun ini tetap "**Bersama Satukan Langkah**". Terima kasih kepada para sahabat **Sehat Selalu Hamman, Aza, dan Fadia**, sahabat **Fourtriesss Selfi, icha, dan Resty**. Dan juga ucapan terima kasih kepada Sahabat tercinta dari SMA **Melan** dan **Windi**, yang selalu ada baik suka maupun duka penulis, membantu urusan kuliah serta memotivasi Penulis, dan selalu ada dalam perjalanan skripsi Penulis sampai skripsi ini dapat terselesaikan.

Ucapan terima kasih kepada **Posko Bucin KKNT 110 Unhas Pengembangan Desa Wisata Bulu Cindea**, atas 45 harinya di desa yang penuh kasih dan kenangan yang tidak akan pernah penulis lupakan sampai kapan pun. Kepada Kanda- kanda **HMGF 2013, HMGF 2014, HMGF 2015, HMGF 2016, HMGF 2017, HMGF 2018, HMGF 2019**, yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah mengawal dan membersamai dari awal kepanitiaan serta akhir kepengurusan dan untuk Adik- Adik **A21MUTH, Te22AIN, 23NITH**, semangat mengembang Amanah dan menjaga dinamika yang baik di himpunan tercinta. Dan untuk Lembagaku **Himpunan Mahasiswa Geofisika (HMGF) FMIPA Unhas** terima kasih telah menjadi wadah berkreatasi, serta menjadi tempat layaknya sebuah rumah selama kurang lebih 4 tahun

ini, semoga selalu menjadi lembaga yang kuat, berkembang dan lebih keren kedepannya. Tetaplah meng-Khaki. Terima kasih juga kepada teman-teman **MIPA 2020** yang telah kebersamai, mengawal dari masih maba sampai sekarang ini, terkhusus **RE20NANSI** terima kasih atas kenangan dan kebersamaan dan telah menjadi tetangga yang baik, tetap **Satu dan Selamanya**. Dan Teruntuk **Astriyani, Iis, Regita, Salsa, Tazkia, Asmawan, Imran, Faiz, Awi, Algi** dan **Merlia** terima kasih telah menjadi teman begadang, Gosip, curhat di Himpunan hingga saat ini, semangat dan tetap waras kanda.

Terakhir, kepada diri saya sendiri, **Emi Asmiranda** terima kasih sudah bertahan sejauh ini terima kasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini, walau sering kali merasa putus asa atas apa yang diusahakan belum berhasil, namun terima kasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba. Terima kasih karena memutuskan tidak menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini dan telah menyelesaikannya sebaik dan semaksimal mungkin, ini merupakan pencapaian yang patut dirayakan untuk diri sendiri. Berbahagialah selalu dimanapun berada, Apapun kurang dan lebihmu mari merayakan diri sendiri.

Penulis

**Emi Asmiranda**  
**H061201061**

## ABSTRAK

EMI ASMIRANDA. **Analisis Pengaruh Cuaca Terhadap Kerusakan Lukisan Purbakala di Leang Pettae.** (dibimbing oleh Prof. Dr. Halmar Halide. M.Sc).

Latar belakang. Kawasan Karst Maros Pangkep merupakan sebuah kawasan yang memiliki nilai potensi tinggalan sejarah yang tinggi dan juga keragaman kekayaan alami. Adapun peninggalan sejarah pada Kawasan karst ini berupa lukisan gua prasejarah dengan beragam bentuk dan jenis gambar. Namun setelah ribuan tahun ditinggalkan, kini lukisan dinding gua kondisinya Sebagian besar telah banyak mengalami kerusakan dan di beberapa tempat warna lukisan mulai memudar terutama lukisan yang terletak di bagian dinding depan mulut gua salah satunya Leang Pettae ini. Tujuan. untuk menghitung persentase kerusakan lukisan Purbakala di Leang Pettae Maros menggunakan data citra lukisan purbakala dan pengaruh data cuaca (temperature, kelembaban dan angin) terhadap kerusakan lukisan mulai dari tahun 2019-2022 serta menganalisis korelasi dan RMSE pengaruh data cuaca terhadap kerusakan lukisan, metode. Penelitian yang digunakan yaitu image processing dan multiple regression serta menganalisis korelasi dan RMSE pengaruh data cuaca terhadap kerusakan lukisan. Hasil. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai yang diperoleh dari pengolahan image processing terhadap kerusakan lukisan Purbakala di Leang Pettae ini mengalami peningkatan secara signifikan yaitu sebesar 0,3966% pada tahun 2019 dan meningkat pada tahun 2022 sebesar 0,5946%. Sedangkan hasil yang didapatkan dari pengolahan multiple regression berdasarkan grafik observasi dan modeling kerusakan Lukisan dengan menggunakan data harian cuaca dari tahun 2019 sampai tahun 2022 menunjukkan bahwa adanya pengaruh atau hubungan antara data cuaca terhadap kerusakan lukisan di Leang Pettae Maros ini. Hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi yang didapatkan  $R = 0,8118$  (tinggi) dan nilai  $RMSE = 0,0353\%$  (rendah). Kemudian dari hasil model prediksi menggunakan stepwise regression yang didapatkan bahwa kelembaban merupakan prediktor signifikan (dominan) paling berpengaruh terhadap kerusakan lukisan purbakala di Leang Pettae ini.

**Kata Kunci:** Data citra, temperatur, kelembaban, angin, *image processing*, *multiple regression*, korelasi pearson, RMSE (Root Mean Square Error), *stepwise regression*



## ABSTRACT

EMI ASMIRANDA. ***Analysis of the Effect of Weather on Damage to Antiquity Paintings at Leang Pettae.*** (supervised by Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc).

*Background.* Maros Pangkep Karst Area is an area that has a high potential value of historical heritage and also the diversity of natural wealth. The historical heritage in this karst area is in the form of prehistoric cave paintings with various forms and types of images. However, after thousands of years of abandonment, most of the cave wall paintings have suffered a lot of damage and in some places the color of the paintings has begun to fade, especially paintings located on the front wall of the cave mouth, one of which is Leang Pettae. *Objective.* to calculate the percentage of damage to ancient paintings in Leang Pettae Maros using image data of ancient paintings and the influence of weather data (temperature, humidity and wind) on painting damage starting from 2019-2022 and analyze the correlation and RMSE of the influence of weather data on painting damage, method. The research methods used are image processing and multiple regression and analyzing the correlation and RMSE of the influence of weather data on painting damage. *Results.* The results obtained from this study indicate that the value obtained from image processing on damage to the Antiquity painting in Leang Pettae has increased significantly, namely 0.3966% in 2019 and increased by 0.5946% in 2022. While the results obtained from multiple regression processing based on observation charts and modeling of painting damage using daily weather data from 2019 to 2022 show that there is an influence or relationship between weather data and damage to paintings in Leang Pettae Maros. This can be seen from the correlation value obtained  $R = 0.8118$  (high) and the RMSE value = 0.0353% (low). Then from the results of the prediction model using stepwise regression obtained that humidity is a significant predictor (dominant) most influential on damage to ancient paintings in Leang Pettae.

**Keywords:** Image data, temperature, humidity, wind, image processing, multiple regression, Pearson correlation, RMSE (Root Mean Square Error), stepwise regression.

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
ABSTRAK .....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan dan Manfaat .....	2
1.2.1 Tujuan .....	2
1.2.2 Manfaat .....	2
1.3 Landasan Teori .....	2
1.3.1 Kawasan Karst Maros Pangkep .....	2
1.3.2 Lukisan Purbakala .....	4
1.3.3 Leang Pettae .....	5
1.3.4 Temperatur .....	6
1.3.5 Kelembaban .....	7
1.3.6 Arah dan Kecepatan Angin .....	7
1.3.7 Metode <i>Image Processing</i> .....	8
1.3.8 Model <i>Multiple Regression</i> (MR) .....	9
1.3.9 Korelasi <i>Pearson</i> .....	10
1.3.10 <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) .....	11
1.3.11 Stepwise Regression .....	12
BAB II METODE PENELITIAN .....	13
2.1 Tempat Penelitian .....	13
2.2 Alat dan Bahan .....	13

2.2.1 Alat .....	13
2.2.2 Bahan .....	13
2.3 Prosedur Penelitian .....	14
2.3.1 Tahap Persiapan dan Pengumpulan Data .....	14
2.3.2 Tahap pengolahan Data .....	14
2.4 Bagan Alir Penelitian .....	16
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN .....	17
3.1 Hasil .....	17
3.1.1 Data Harian Temperatur, Kelembaban dan Angin .....	17
3.1.2 Hasil Pengolahan Kerusakan dan Laju Kerusakan Lukisan .....	18
3.1.3 Grafik Observasi dan Modeling Kerusakan Lukisan di Leang Pettae ....	19
3.2 Pembahasan .....	20
BAB IV PENUTUP .....	22
4.1 Kesimpulan .....	22
DAFTAR PUSTAKA.....	23
LAMPIRAN .....	25

**DAFTAR TABEL**

Nomor urut	Halaman
<b>Tabel 1.</b> Kriteria Korelasi Pearson .....	11
<b>Tabel 2.</b> Nilai Data Harian Temperatur, Kelembaban dan Angin .....	17
<b>Tabel 3.</b> Nilai Kerusakan dan laju kerusakan Lukisan .....	18

**DAFTAR GAMBAR**

Nomor urut	Halaman
<b>Gambar 1.</b> Peta Kawasan Karst Maros Pangkep (Nuhung,2016) .....	2
<b>Gambar 2.</b> Kawasan Karst Maros Pangkep (Taquuddin, 2018).....	3
<b>Gambar 3.</b> Mulut Gua Leang Pettae (Taquuddin, 2018) .....	5
<b>Gambar 4.</b> Lukisan Tangan dan Lukisan Babi (Gazali, 2017).....	6
<b>Gambar 5.</b> Komposisi warna RGB dan CMYK (Mulyawan et al., 2017) .....	9
<b>Gambar 6.</b> Lokasi Penelitian .....	13
<b>Gambar 7.</b> Bagan Alir Penelitian .....	16
<b>Gambar 8.</b> Grafik persentase kerusakan lukisan Purbakala Leang Pettae yang terjadi antara tahun 2019-2022 menggunakan data harian .....	19

**DAFTAR LAMPIRAN**

Nomor urut	Halaman
<b>Lampiran 1.</b> Tahap Pengolahan Data Citra.....	26
<b>Lampiran 2.</b> Gambar Monitoring Hasil Polygon (Pewarnaan) .....	27
<b>Lampiran 3.</b> Data Harian Leang Pettae 2019-2022.....	29
<b>Lampiran 4.</b> Data TXT Persentase kerusakan, Laju Kerusakan dan Data Cuaca .	29
<b>Lampiran 5.</b> Script Perhitungan Kerusakan Lukisan (Persentase Kerusakan) .....	30
<b>Lampiran 6.</b> Pengolahan Data Image Processing .....	34
<b>Lampiran 7.</b> Model Data Harian Kerusakan Lukisan Leang Pettae 2019-2022 .....	51
<b>Lampiran 8.</b> Dokumentasi Penelitian .....	54

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kawasan Karst Maros-Pangkep secara administratif masuk dalam wilayah Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan. Gugusan pegunungan karst Maros-Pangkep memiliki karakteristik khas karena proses pelarutan batuan (karstifikasi). Akibat proses tersebut maka terbentuk bukit karst yang menyerupai Menara (*tower karst*). Pada bagian kaki bukit-bukit karst terdapat lubang-lubang alami (gua) yang mana masyarakat menyebutnya *Leang*.

Pada tahun 2012, terdapat sekitar 126 Gua prasejarah di Kawasan Karst Maros Pangkep ini, 78 diantaranya memiliki tinggalan berupa lukisan gua prasejarah, dengan beragam bentuk dan jenis gambar. Setelah ribuan tahun ditinggalkan, kini lukisan dinding gua kondisinya Sebagian besar telah banyak mengalami kerusakan karena proses pelapukan dan pengelupasan kulit batuan yang terus berlanjut setiap waktu. Di beberapa tempat, warna lukisan mulai memudar terutama lukisan yang terletak di bagian dinding depan mulut gua. Daur hidup jenis batuan ini dipengaruhi oleh proses alam, seperti sinar matahari, fluktuasi suhu, dan angin ini mempercepat laju pelapukan sehingga menyebabkan banyak perubahan pada struktur batuan baik secara menyeluruh, maupun parsial.

Leang Pettae ini telah banyak dilakukan penelitian terhadap kerusakan lukisan oleh para ahli dan para peneliti lainnya dengan berbagai metode, salah satunya penelitian tugas akhir yang dilakukan oleh (Arsyih,2022), Dimana mereka melakukan penelitian dengan menggunakan data temperature dan kelembaban saja namun menggunakan data dalam dan luar gua pada tahun 2019 sampai 2022. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh dari pengolahan data menggunakan metode terhadap persentase kerusakan mengalami peningkatan secara signifikan (meningkat), dan hasil laju kerusakan yang didapatkan dengan menggunakan data dalam dan luar gua menunjukkan adanya hubungan antara temperature dan kelembaban, dan disimpulkan juga bahwa Variabel yang berpengaruh terhadap kerusakan yaitu temperatur dan kelembaban yang berada dalam gua di bandingkan dengan temperature dan kelembaban luar gua, hal ini dapat dilihat pada nilai korelasi dalam gua itu 0,9864% sedangkan luar gua 0,9161% (Arsyih,2022).

Dapat dilihat dari peneliti terdahulu, penulis ingin membuat sebuah hasil penelitian yang sedikit berbeda dengan menambahkan satu faktor yaitu angin dengan menggunakan Data Harian , sehingga hasil akhir nantinya dapat kita liat bagaimana pengaruhnya data cuaca (temperatur, kelembaban dan angin) terhadap kerusakan lukisan di Leang Pettae ini.Oleh karena itu untuk menghindari hal tersebut, maka dilakukan penelitian agar dapat menghitung kerusakan lukisan dan menganalisis penyebab kerusakan yang dapat mengancam kelestarian gua-gua prasejarah dan lukisan yang terdapat didalamnya.

## 1.2 Tujuan dan Manfaat

### 1.2.1 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui jumlah persentase kerusakan dan laju kerusakan lukisan purbakala Leang Pettae dengan *Image Processing*, serta menganalisis R korelasi dan RMSE pengaruh antara temperatur, kelembaban dan angin terhadap kerusakan lukisan purbakala Leang Pettae yang terjadi pada tahun 2019 sampai 2022.

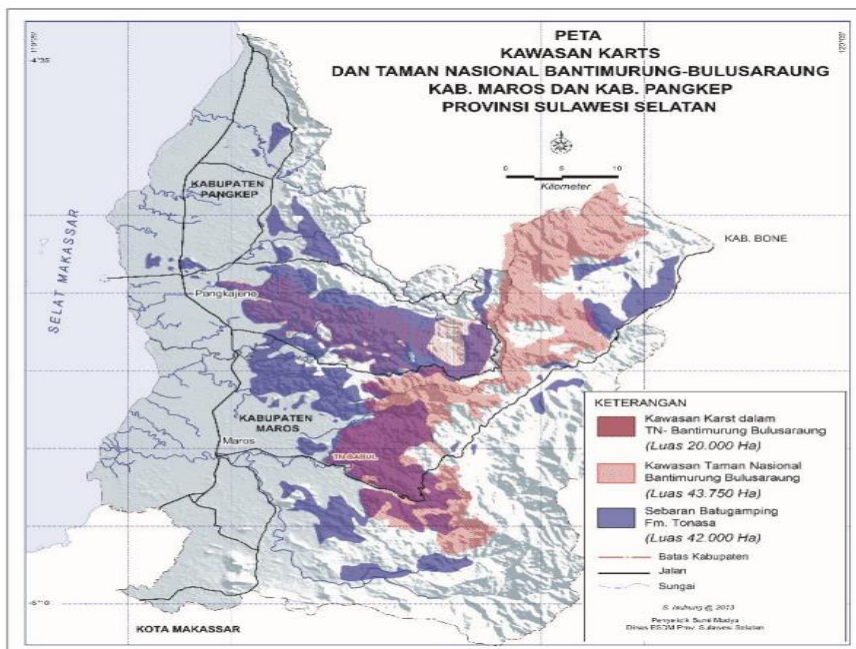
### 1.2.2 Manfaat

Adapun manfaat dalam penelitian ini yaitu untuk menambah informasi dan wawasan yang mendalam tentang kondisi dan tingkat kerusakan lukisan purbakala yang terjadi di Leang Pettae.

## 1.3 Landasan Teori

### 1.3.1 Kawasan Karst Maros Pangkep

Di Indonesia tepatnya di provinsi Sulawesi Selatan memiliki Kawasan karst yang terletak di Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkep (Kawasan Karst Maros - Pangkep) yang telah menjadi salah satu kawasan yang direkomendasikan untuk diperhatikan oleh pemerintah dalam *the Asia Pasific Forum on Karst Ecosystems and World Heritage (The UNESCO World Heritage Centre 2001)*. Kawasan seluas sekitar 40.000 hektar ini Sebagian wilayahnya masuk menjadi bagian dari Kawasan konservasi Taman Nasional Bantimurung BuluSaraung. (Rachman et al., 2010).



**Gambar 1.** Peta Kawasan Karst Maros Pangkep (Nuhung,2016)



Pada beberapa Gugusan di kawasan Karst ini terdapat gua-gua prasejarah yang umumnya terletak di dasar tebing terjal perbukitan karst yang puncak bukitnya terbentuk seperti Menara dengan ketinggian 200-500 meter di atas permukaan laut. Perbukitan karst terbentang dari pangkep kearah Selatan di Maros sepanjang  $\pm 45$  km dan mempunyai jarak bukit ke garis Pantai 8-12 km di Pangkep, dan 14-25 km di Maros (Duli et al., 2019).

Berdasarkan data Badan Pengelola Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung, Kawasan Karst Maros Pangkep memiliki Potensi hutan yang cukup besar, keberadaan hutan yang berada dalam gugusan karst ini menjadikannya hutan karst. Hutan Karst Maros Pangkep menyimpan kekayaan Hayati karena merupakan satwa Endemik dan langka. Kawasan ini juga menjadi habitat untuk beberapa flora dan fauna, dari berkembang biak dan kemudian mati di tempat tersebut. Lingkungan karst yang tandus dan gersang, memiliki daya dukung yang relatif rendah terhadap kehidupan flora dan fauna yang ada didalamnya, dan hanya beberapa jenis saja yang dapat bertahan hidup dikawasan tersebut (Taqyuddin, 2018).



**Gambar 2.** Kawasan Karst Maros Pangkep (Taqyuddin, 2018)

Di kawasan pegunungan kapur (karst) Maros dan Pangkep terdapat gua-gua yang pada masa prasejarah dihuni oleh manusia. Selain sebagai tempat tinggal, dinding-dinding gua digunakan sebagai media untuk mengekspresikan pengalaman, perjuangan dan harapan hidup manusia dalam bentuk lukisan prasejarah yang ada di gua tersebut. Namun Lukisan dinding pada gua Sebagian besar telah mengalami kerusakan dan pelapukan. Banyak faktor-faktor yang menjadi penyebab terhadap kerusakan ini salah satunya Aktivitas Penambangan. Aktivitas Penambangan ini

selalu diikuti dengan perubahan sosial, aktivitas keseharian Masyarakat sekitar turut terpengaruh, aktivitas Industri, dan polusi dan limbah. Sebahagian kalangan menganggap bahwa kondisi gambar-gambar prasejarah di gua-gua yang berada dalam lingkungan Karst ini sangat dipengaruhi oleh sistem lingkungan yang rapuh ini. Sehingga dapat disimpulkan secara gamblang bahwa laju kerusakan pada gambar menjadi sangat cepat sejak adanya tambang dan industry batu kapur di Kawasan pada beberapa tahun (dekade) terakhir (Suhartono, 2012).

### **1.3.2 Lukisan Purbakala**

Pada hakekatnya semua sumber daya arkeologi akan mengalami interaksi dengan lingkungannya. Interaksi tersebut merupakan bagian dari proses alam yang tidak dapat dihindari, sebab pada dasarnya semua benda di alam ini mengalami proses degradasi yang mengakibatkan menurunnya kualitas bahan sumber daya arkeologi. Apabila proses penuaan tersebut terpacu oleh faktor internal berupa kelemahan yang terdapat pada sumber data arkeologi itu sendiri yang dipengaruhi oleh bahan, posisi maupun teksturnya dan faktor eksternal berupa ancaman dari luar yang disebabkan baik oleh alam seperti suhu dan air, maupun ancaman akibat aktivitas manusia seperti pertambangan di sekitar sumber daya arkeologi (Yusriana et al., 2020).

Kajian arkeologi telah banyak dilakukan dikawasan ini dan semakin memperkuat pentingnya gua prasejarah tersebut, bahkan penelitian terbaru menempatkan lukisan gua prasejarah di salah satu gua di Maros ini sebagai gua prasejarah tertua di dunia, dengan usia minimal 39.600 tahun berdasarkan seri penanggalan uranium. Hasil penelitian ini dipublikasikan di Nature Journal 2014. Hal inilah yang menjadi ketertarikan para peneliti dari luar negeri untuk melakukan penelitian di wilayah tersebut. Potensi tersebut harus dimanfaatkan secara optimal untuk meningkatkan kesejahteraan Masyarakat, sebagai tercantum dalam Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya. Salah satu Upaya yang dapat dilakukan yaitu melibatkan Masyarakat dalam pemanfaatan Kawasan cagar budaya gua prasejarah Maros Pangkep (Duli et al., 2019).

Berdasarkan pengamatan terhadap lukisan, bentuk kerusakan paling besar adalah lukisan dinding gua yang terkelupas. Dengan demikian, sedini mungkin dilakukan Upaya meminimalisasi faktor-faktor yang berpotensi menjadi ancaman terhadap kerusakan yang lebih cepat dan lebih parah terhadap lukisan. Faktor kedekatan gua dengan industry semen, berpotensi untuk mempercepat penurunan kualitas dinding gua. Walaupun hal ini masih bersifat asumsi, namun perlu diperhatikan bahwa aktivitas peledakan bisa saja berdampak pada getaran dinding gua. Dampak dari getaran akibat sebuah peledakan apabila jika dalam skala besar dapat merambat di dalam bataun gamping. Getaran tersebut dapat mudah mencapai gua sehingga paling sedikit menyebabkan terjadinya pengelupasan kulit batuan yang memang kondisinya sudah rapuh. Dengan demikian getaran dapat menyebabkan rusaknya warisan buda. (Yusriana et al., 2020).

### 1.3.3 Leang Pettae

Salah satu daya Tarik terbesar yang terdapat di Taman Prasejarah Leang-Leang ialah Gua yang telah dimanfaatkan sebagai Obyek Wisata Salah satunya Leang Pettae. Gua Pettae berada di dalam kompleks Taman Prasejarah leang-leang, yaitu di halaman depan taman, dengan posisi mulut gua yang berada di kaki bukit. Lebar mulut gua Pettae sekitar 3meter dan tinggi antara 5-6 meter. Lantai guanya memiliki kemiringan  $\pm 3^\circ$ . pada mulut gua telah dibuat pagar yang menutup gua oleh (Tim Kaisar Unhas Tahun 2003). Permukaan dinding gua Pettae Sebagian besar bertekstur kasar, banyak terdapat tonjolan-tonjolan, sedangkan pada atap gua terdapat stalagtit (jenis speleothem (mineral sekunder) yang menggantung dari langit-langit gua), dan intensitas Cahaya yang masuk ke gua ini tidak begitu besar sehingga bagian dalam gua menjadi remang-remang.(Taquuddin, 2018).



**Gambar 3.** Mulut Gua Leang Pettae (Taquuddin, 2018)

Gambar dinding gua prasejarah adalah temuan arkeologis yang khas dan unik dikarenakan bentuk dan sifatnya. Dilihat dari sisi bentuk, ekspresi senimannya menunjukkan bentuk-bentuk yang terkait langsung pada diri mereka dan lingkungannya, misalnya bagian tubuh mereka seperti telapak tangan, kaki, maupun profil tubuhnya sendiri. Selain itu, berbagai jenis warna seringkali digunakan untuk menyatakan ekspresinya, seperti merah, hitam, ungu, kuning, dan putih. Sedangkan dilihat pada sifatnya, menjadi khusus karena Tingkat kerentanan terhadap kerusakan, tetapi terbukti bisa bertahan hingga 40.000 tahun setelah pembuatannya. Bentuk- bentuk yang ditemui saat ini merupakan hasil daripada proses alam dan

budaya, sebagaimana benda-benda lainnya yang memiliki sifat yang mudah dan rusak sehingga harus di jaga kelestariannya.(Taquuddin, 2018).



**Gambar 4.** Lukisan Tangan dan Lukisan Babi (Gazali, 2017)

Data Arkeologi di Leang Pettae adalah lukisan dinding berupa cap tangan dengan latar merah serta lukisan babi rusa berwarna merah. Di Panel tangan dengan latar merah serta lukisan babi rusa berwarna merah, dan garis-garis warna merah. Dengan seluruh cap tangan dengan latar belakang warna merah sebanyak tujuh buah. Seluruh lukisan cap tangan tersebut menggambarkan tangan kiri,berjari lengkap dengan jari-jari yang ramping.(Pratiwi & Cahyani, 2020).

### 1.3.4 Temperatur

Keberadaan tinggalan purbakala di gua-gua prasejarah tersebut, khususnya yang berupa lukisan gua makin lama kondisinya semakin mengkhawatirkan. Saat ini telah banyak lukisan gua prasejarah yang mengalami kerusakan. Salah satunya karena letak gua-gua prasejarah yang berada di alam terbuka sangat rentan terpengaruh oleh faktor lingkungan atau alam sekitarnya. Faktor cuaca dan iklim merupakan pengaruh yang dominan terhadap kerusakan dan pelapukan dinding gua dan lukisan yang selanjutnya dapat menjadi ancaman bagi keselamatan dan keberadaan lukisan tersebut (Yadi, 2016).

Lukisan pada dinding gua prasejarah umumnya mengalami kerusakan yang sama, selain terjadi pengelupasan, sedimentasi dan juga terjadi retakan mikro dan makro. Disamping itu di beberapa tempat warna lukisan mulai memudar terutama lukisan yang terletak di bagian dinding depan mulut gua. Kerusakan lukisan gua disebabkan adanya perubahan temperature yang besar dalam sehari. Temperature naik tinggi

pada siang hari dan turun tajam pada malam hari. Ketika batuan terkena panas dan mengembang pada siang hari, lalu dingin dan berkontraksi di malam hari, tekanan sering dialami oleh lapisan luar. Tekanan menyebabkan lapisan luar batuan menjadi terkelupas dan jadi lapisan tipis. Dugaan ini diperkuat oleh fakta bahwa lukisan yang berada di mulut gua (terbuka) memiliki tingkat kerusakan yang lebih tinggi daripada yang ada di bagian dalam gua. Akan tetapi tidak bisa dipungkiri bahwa hampir semua lukisan yang berada di depan mulut gua mengalami kerusakan yang parah, meskipun vegetasinya masih bagus. Hal ini disebabkan oleh perubahan cuaca yang semakin tidak menentu dan tentunya faktor pemanasan global (Yadi, 2016)

### **1.3.5 Kelembaban**

Selain Temperatur proses pengelupasan ini juga diperparah oleh adanya kelembaban yang tinggi. Tingkat kelembaban tersebut dengan mudah memicu pertumbuhan mikroorganisme yang terjadi dalam gua-gua prasejarah. Air yang terdapat di dalam gua merupakan salah satu penyebab terjadinya kelembaban dalam gua, selain itu pertumbuhan tumbuhan tingkat tinggi juga banyak terjadi pada gua-gua yang terletak di dekat empang atau air, hal ini disebabkan karena penguapan air sekitar sehingga menyebabkan lingkungan gua menjadi lembab dan mempercepat pertumbuhan tumbuhan Tingkat tinggi (lumut atau ganggang). Pertumbuhan mikroorganisme ini akan mempercepat terjadinya pelapukan pada bagian lapisan batuan dan lukisan (Suhartono, 2012).

Kondisi situs leang pettae menunjukkan bahwa suhu pada bagian dalam ruangan rendah, lembab dan basah. Kondisi ini memudahkan mikroorganisme untuk berkembang biak. Kondisi di bagian lantai, dinding, dan ruang di dalam gua basah. Stalaktif (batuan runcing yang ada pada bagian atas atau langit-langit gua) dalam jumlah kecil masih meneteskan air dan ditemukan jejak air pada bagian ujungnya. Kondisi ini membuat Sebagian gambar mengalami kerusakan atau perubahan kualitas akibat mikroorganisme yang berkembang (Permana et al., 2021).

Pada musim hujan mulut gua yang tidak terlindungi akan terkena air hujan terus menerus. Air hujan dapat bersifat asam karena karbon dioksida atmosfer larut dalam air hujan menghasilkan asam karbonat. Air hujan yang bersifat asam ini dapat menyebabkan pelapukan pada lapisan luar atau permukaan batuan yang terkena air hujan. Hal ini diperparah juga dengan kondisi luar (pelataran) dan akses masuk ke beberapa gua yang tergenang air pada saat musim hujan, sehingga Tingkat kelembaban semakin meningkat (Yadi, 2016).

### **1.3.6 Arah dan Kecepatan Angin**

Selain temperature dan kelembaban faktor angin ini juga dapat mempercepat terjadi pengelupasan pada lapisan terluar dari dinding gua yang mengandung lukisan sehingga terjadi pelapukan, dengan terbukanya lingkungan sehingga memudahkan angin masuk ke dalam gua secara langsung mengenai lukisan. Dari beberapa pengamatan langsung di lokasi terlihat bahwa Tingkat kerusakan lukisan yang terletak dekat mulut gua dan lingkungannya terbuka cenderung lebih besar daripada lukisan

yang letaknya bersembunyi dan terlindungi oleh pepohonan. Angin dapat memiliki berbagai pengaruh terhadap kerusakan lapisan batuan yang mengandung lukisan. Angin dapat membawa partikel kecil, pasir, atau debu yang dapat mengakibatkan erosi fisik pada lapisan permukaan batuan. Partikel partikel ini, Ketika terbawa angin dengan kecepatan tinggi, dapat bertindak seperti alat pengikis yang mempengaruhi integritas lapisan lukisan (Suhartono, 2012).

Untuk menentukan nilai angin dilakukan konversi menggunakan persamaan berikut:

$$W = 0,5 \times A (1 - \cos (D - O))$$

Keterangan:

A = Kecepatan Angin

D = Arah Angin

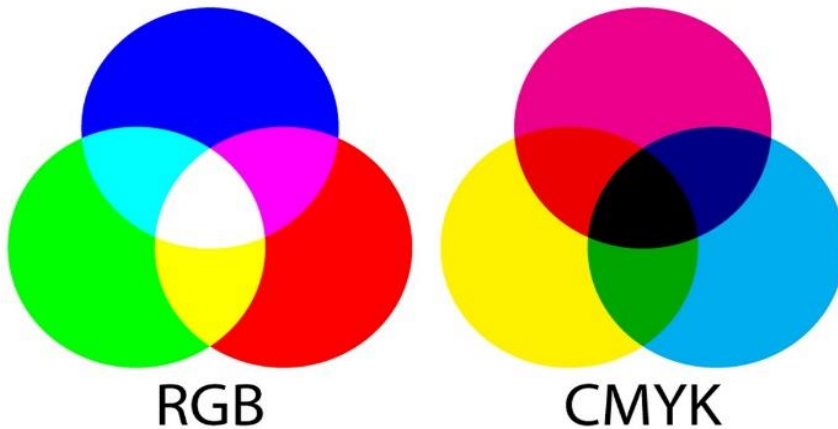
O = Arah Bukaannya

### 1.3.7 Metode *Image Processing*

*Image Processing* adalah suatu metode mengolah gambar (Image) ke dalam bentuk digital untuk tujuan tertentu. Pengolahan citra atau *Image Processing* ialah suatu sistem dimana proses dilakukan dengan masukan (*input*) berupa data citra (*image*). Pada awalnya pengolahan citra ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra, namun dengan berkembangnya dunia komputasi yang ditandai dengan semakin meningkatnya kapasitas dan kecepatan proses computer, serta munculnya ilmu-ilmu computer yang memungkinkan manusia dapat mengambil informasi dari suatu citra maka *image processing* tidak dapat dilepaskan dengan bidang *computer vision* (Mulyawan et al., 2017).

Pada awalnya pengolahan citra Secara Harfiah citra (image) adalah gambar pada bidang dua dimensi). Citra terdiri dari dua jenis yaitu citra *continuu* dan citra diskrit. Citra *continuu* dihasilkan dari sistem optic yang menerima sinyal analog. Sedangkan citra diskrit dihasilkan melalui proses digitalisasi terhadap citra. Citra diskrit ini disebut citra digital. Definisi citra menurut kamus Webster, citra (*image*) adalah suatu representasi, kemiripan, atau imitasi dari suatu objek atau benda (Karnadi, 2018). Berdasarkan nilai pikselnya, citra digital dapat dikelompokkan kedalam tiga jenis citra, yaitu:

1. Untuk citra berwarna maka digunakan model RGB (*Red-Green-Blue*), satu citra berwarna dinyatakan sebagai 3 buah matrik *grayscale* yang berupa matrik untuk Red (R-layer), matrik Green (G—Layer), dan untuk matrik Blue (B-Layer). R-Layer adalah matrik yang menyatakan derajat kecerahan untuk warna merah, misalkan untuk skala 0-255, nilai 0 menyatakan gelap (hitam) dan 255 menyatakan merah. G-Layer adalah matrik yang menyatakan derajat kecerahan untuk warna hijau, dan B-Layer adalah matrik yang menyatakan derajat kecerahan untuk warna biru. Dari definisi tersebut, untuk menyajikan warna tertentu dapat dengan mudah dilakukan, yaitu dengan mencampurkan ketiga warna dasar RGB.



**Gambar 5.** Komposisi warna RGB dan CMYK (Mulyawan et al., 2017)

2. Citra *Grayscale*, Proses awal yang banyak dilakukan dalam *image processing* adalah mengubah citra berwarna menjadi *citra grayscale*, hal ini dilakukan untuk menyederhanakan model citra. Citra *grayscale* ini hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pikselnya, dengan kata lain nilai bagian *red= green= blue*.

### 3. Citra Biner

Citra Biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai piksel yaitu hitam (0) dan putih (1). Citra biner juga disebut sebagai citra bw (*black and white*) atau citra monokrom. Citra biner sering muncul sebagai hasil dari proses pengambangan (*thresholding*). Secara umum Proses pengambangan citra *grayscale* untuk menghasilkan citra biner adalah sebagai berikut (Favoria Gusa, 2013)

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{jika } f(x,y) \geq T \\ 0 & \text{jika } f(x,y) < T \end{cases}$$

### 1.3.8 Model *Multiple Regression* (MR)

Terdapat dua jenis analisis regresi linier yaitu analisis linier sederhana dan analisis linier berganda. Analisis regresi linear sederhana adalah analisis regresi yang hanya melibatkan dua variabel, yaitu 1 (satu) variabel dependen atau variabel tergantung dan 1 (satu) variabel independen atau bebas. Pada analisis regresi sederhana, hubungan antara variabel bersifat linier, dimana perubahan pada variabel X akan diikuti oleh perubahan pada variabel Y secara tetap. Selain itu, analisis regresi linear sederhana bertujuan untuk *forecast* atau memprediksi nilai Y. bentuk umum dari Persamaan regresi sebagai berikut (Amalia, 2020)

$$Y = \alpha + \beta x \dots \dots \dots (1)$$

Di mana, a dan b adalah dua parameter pada analisis regresi yang disebut sebagai *intercept* (a) dan *slope* (b) .

Sedangkan Analisis regresi linier berganda adalah hubungan secara linier antara dua atau lebih variabel independent (variabel bebas) ( $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ) dengan variabel

dependen (variabel terikat) (Y). Model ini disebut linear berganda, karena beberapa variabel independen ini akan berpengaruh pada variabel dependen. Analisis regresi linear berganda bertujuan untuk mengetahui manakah variabel independen yang paling berpengaruh atau memiliki hubungan paling kuat terhadap variabel dependen.

*Multiple Regression* (MR) dapat dirumuskan sebagai berikut (Amalia, 2020):

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \dots\dots\dots(2)$$

Di mana:

Y = Variabel Dependen atau hasil regresi (terikat)

X = Variabel independent atau prediktor (Bebas)

a = konstanta (nilai Y apabila  $(X_1, X_2, X_3 \dots X_n = 0)$ )

b = koefisien regresi (nilai peningkatan ataupun penurunan)

untuk menentukan nilai a,  $b_1$ ,  $b_2$  digunakan metode kuadrat terkecil (*least square*) (Amalia,2020).

### 1.3.9 Korelasi *Pearson*

Analisis Korelasi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan suatu besaran yang menyatakan bagaimana kuat hubungan suatu variabel dengan variabel lain dengan tidak memersoalkan apakah suatu variabel tertentu tergantung kepada variabel lain. Semakin nyata hubungan linier (garis lurus) maka semakin kuat derajat hubungan garis lurus antara kedua variabel atau lebih (Ratna, 2016).

Terdapat dua dari beberapa Teknik korelasi yang sangat populer sampai sekarang yaitu korelasi *pearson Product Moment* dan korelasi *Rank Spearman*. Korelasi *pearson* merupakan korelasi sederhana yang hanya melibatkan satu variabel terikat (*dependent*) dan satu variabel bebas (*independent*). Korelasi *pearson* menghasilkan koefisien korelasi yang berfungsi untuk mengukur kekuatan hubungan linier antara dua variabel. Jika hubungan dua variabel tidak linier, maka koefisien korelasi *pearson* tersebut tidak mencerminkan kekuatan hubungan dua variabel yang diteliti, meski kedua variabel mempunyai hubungan kuat. Koefisien korelasi ini disebut koefisien korelasi *pearson* karena diperkenalkan oleh Karl *Pearson* pada tahun 1990. (Ratna, 2016).

Adapun besarnya nilai korelasi *Pearson* dapat dilihat pada persamaan berikut;

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \dots\dots\dots(3)$$

Di mana:

x : Variabel Pertama,

y: Variabel Kedua

n : Banyaknya pengamatan



Nilai koefisien korelasi berada di antara negative 1 sampai positif 1 yaitu dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Kriteria Korelasi Pearson

<b>R</b>	<b>Interpretasi</b>
0	Tidak Berkorelasi
0,01 s/d 0,20	Sangat Rendah
0,21 s/d 0,40	Rendah
0,41 s/d 0,60	Agak Rendah
0,61 s/d 0,80	Cukup
0,81 s/d 0,99	Tinggi
1	Sangat Tinggi

Perlu diingat Hubungan antara dua variabel linier sempurna, bila sebaran data tersebut akan membentuk garis lurus. Sekalipun demikian pada kenyataannya tidak mudah mendapatkan atau menemukan data yang dapat membentuk garis linier sempurna (Miftahuddin et al., 2021).

### 1.3.10 Root Mean Square Error (RMSE)

*Root Mean Square Error (RMSE)* merupakan salah satu cara untuk memutar model regresi linier dengan mengukur tingkat akurasi hasil estimasi suatu model. Nilai *Root Mean Square Error (RMSE)* diperoleh dengan cara menghitung nilai akar dari rata-rata kuadrat dari nilai kesalahan yang menggambarkan selisih antara data observasi dengan nilai hasil prediksi, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Ariani,2015) :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_o - Y_p)^2}{n}} \dots\dots\dots(4)$$

Di mana:

$X_o$  = Data Observasi

$Y_p$  = Data Prediksi

$n$  = Jumlah Data

Adapun hasil akhir yang akan didapatkan dimana dapat disimpulkan semakin besar nilai RMSE yang dihasilkan maka keakuratan suatu model semakin sedikit atau tidak akurat, sedangkan semakin kecil nilai RMSE yang didapatkan maka semakin baik akurasi suatu model regresi linier tersebut (Ariani,2015)

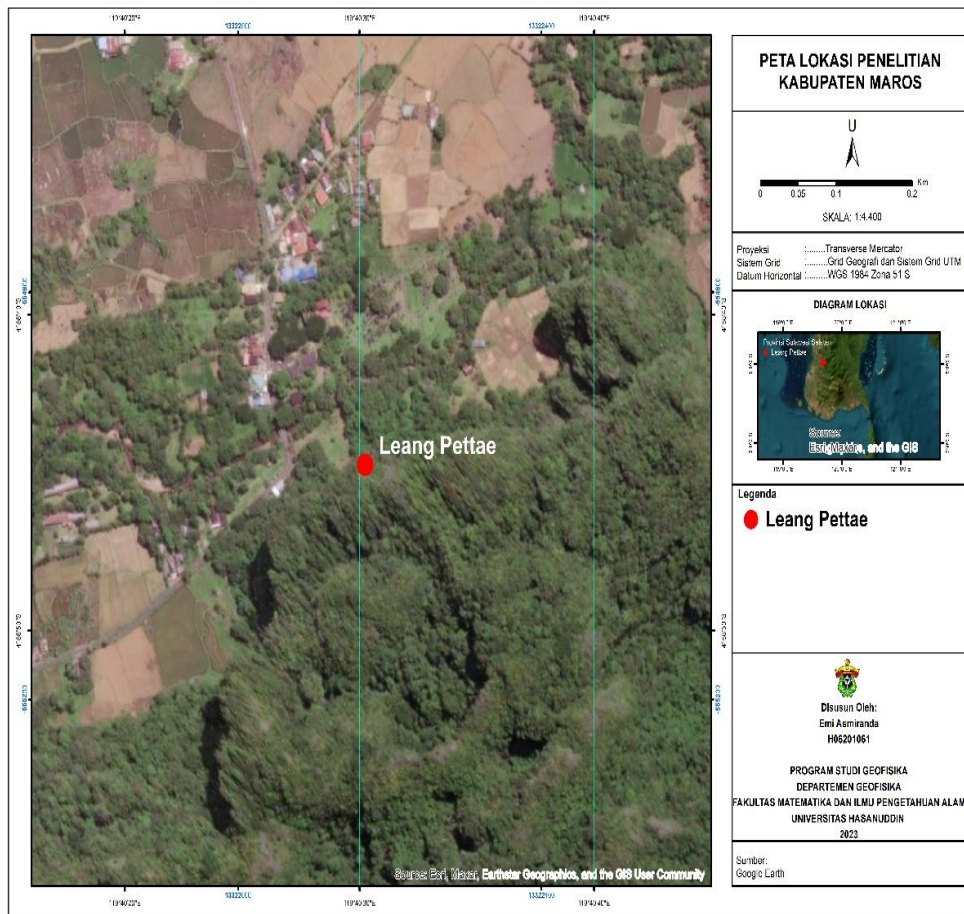
### **1.3.11 Stepwise Regression**

Regresi Stepwise adalah salah satu metode untuk mendapatkan model terbaik dari sebuah analisis regresi. Secara definisi adalah gabungan antara metode forward dan backward, variabel yang pertama kali masuk adalah variabel yang korelasinya tertinggi dan signifikan dengan variabel dependen, variabel yang masuk kedua adalah variabel yang korelasi parsialnya tertinggi dan masih signifikan, setelah variabel tertentu masuk ke dalam model maka variabel lain yang ada di dalam model dievaluasi, jika ada variabel yang tidak signifikan maka variabel tersebut dikeluarkan. Stepwise regression pada dasarnya menjalankan regresi berganda beberapa kali, setiap kali menghapus variabel berkorelasi lemah dan hingga pada akhirnya tersisa variabel- variabel yang menjelaskan distribusi yang terbaik artinya Variabel yang terpilih untuk dimasukkan ke dalam model yaitu variabel yang mempunyai korelasi tertinggi dan signifikan terhadap variabel terikat (Hanif, 2018).

## BAB II METODE PENELITIAN

### 2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Taman Nasional Bantimurung-Bulusaraung, Kecamatan Bantimurung, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Dengan Titik Koordinat Longitude  $119^{\circ}67'51.38''E$  dan Latitude  $-4^{\circ}97'90.60''S$ .



**Gambar 6.** Lokasi Penelitian

### 2.2 Alat dan Bahan

#### 2.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Adobe Photoshop*, *Microsoft Excel* dan *Matlab R2021a*.

#### 2.2.2 Bahan

Adapun Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. **Data Citra (Gambar Monitoring) Lukisan prasejarah Leang Pettae**  
Data Citra lukisan Prasejarah Leang Pettae, Kecamatan Bantimurung, Kabupaten maros, tahun 2019,2020,2021, dan 2022 yang diperoleh dari Balai Besar Pelestarian Cagar Budaya Sulawesi Selatan.
2. **Data Temperatur**  
Data Temperatur yang digunakan merupakan data sekunder leang-leang pettae tahun 2019,2020, 2021, 2022 dan 2023 yang diperoleh dari situs <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.
3. **Data Kelembaban**  
Data Kelembaban yang digunakan merupakan data sekunder leang pettae tahun 2019, 2020, 2021, 2022 dan 2022 yang diperoleh dari situs <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.
4. **Data Arah dan Kecepatan Angin**  
Data arah dan kecepatan angin yang digunakan merupakan data sekunder leang pettae tahun 2019,2020, 2021, 2022 dan 2022 yang diperoleh dari situs <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.

## 2.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap, yaitu tahap persiapan dan pengumpulan data serta pengolahan data.

### 2.3.1 Tahap Persiapan dan Pengumpulan Data

Pada tahapan ini diawali dengan mempersiapkan penelitian, dengan melakukan studi literatur dengan membaca jurnal dan penelitian yang berkaitan dengan obyek penelitian serta mempelajari cara pengolahan data dengan mengolah data sehingga menghasilkan sebuah pemodelan. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder meliputi data citra lukisan prasejarah leang pettae Maros temperature, kelembaban, dan angin.

### 2.3.2 Tahap pengolahan Data

Adapun tahapan pengolahan data dalam penelitian ini, yaitu:

1. Mengolah data citra lukisan prasejarah dengan meng-*overlay* citra lukisan di *Adobe Photoshop* yaitu pada tahun 2019 hingga 2022 dan Membuat Pewarnaan pada daerah gambar lukisan prasejarah di *Adobe photoshop* yang mengalami kerusakan lukisan yaitu pada tahun 2019 hingga 2022 dengan tahun 2018 sebagai landasan untuk melakukan *Overlay*.
2. Merampung Data Harian Leang Pettae pada Microsoft Excel
3. Menghitung Jumlah *pixel* daerah kerusakan lukisan prasejarah dengan menggunakan metode *image processing* di matlab.
4. Menghitung jumlah persentase kerusakan lukisan dari *pixel* Data Citra menggunakan persamaan berikut:

$$V_e = \frac{\Delta_e}{L}$$

Di mana:

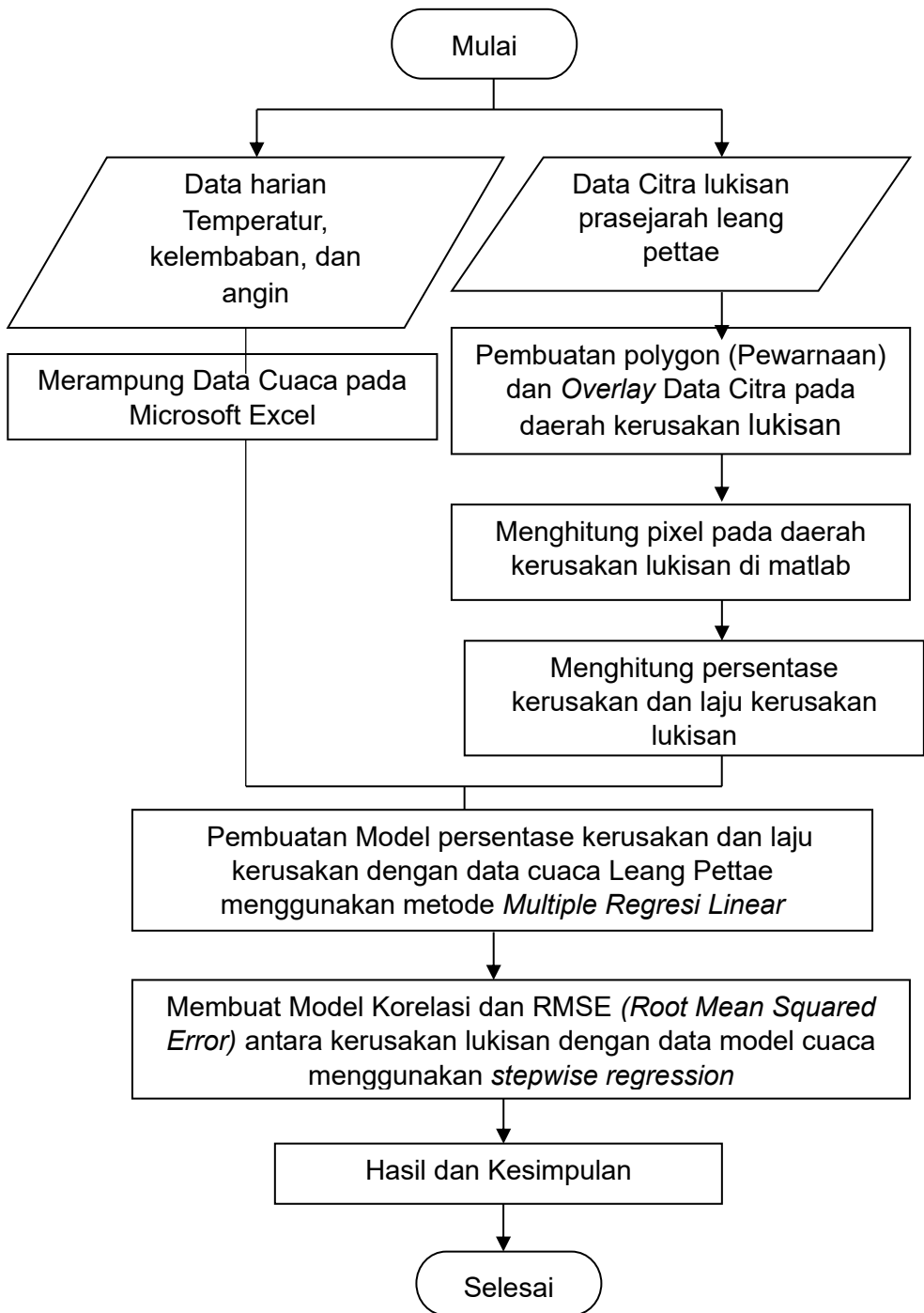
$V_e$  = Laju kerusakan

$\Delta_e$  = Selisih kerusakan antar periode sebelumnya dengan periode berikutnya

$L$  = *Lapses*

5. Membuat Model Korelasi dan RMSE (*Root Mean Squared Error*) antara kerusakan lukisan dengan data model cuaca menggunakan *stepwise regression*

## 2.4 Bagan Alir Penelitian



**Gambar 7.** Bagan Alir Penelitian