

Skripsi Geofisika

**PEMODELAN KERUSAKAN LUKISAN PURBAKALA
AKIBAT CUACA DI LEANG PETTAE MAROS**

Disusun dan diajukan oleh

Arsyih Arjuna

H061191023



**PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

HALAMAN JUDUL

PEMODELAN KERUSAKAN LUKISAN PURBAKALA

AKIBAT CUACA DI LEANG PETTAE MAROS

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains

UNIVERSITAS HASANUDDIN
Pada Departemen Geofisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Hasanuddin

OLEH

ARSYIH ARJUNA

H061191023

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

HALAMAN PENGESAHAN

**PEMODELAN KERUSAKAN LUKISAN PURBAKALA
AKIBAT CUACA DI LEANG PETTAE MAROS**

Disusun dan Diajukan Oleh:

ARSYIH ARJUNA

H061191023

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

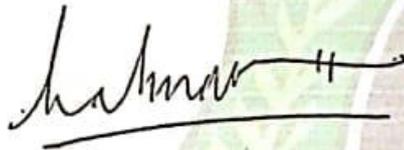
Pada 27 Januari 2022

Dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama



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



Dr. Erfan, M.Si
NIP. 196709032001121001

**Ketua Departemen Geofisika
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin Makassar**



Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng
NIP.196709291993031003

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Arsyih Arjuna

NIM : H061191023

Departemen : Geofisika

Judul Tugas Akhir : Pemodelan Kerusakan Lukisan Purbakala Akibat Cuaca di
Leang Pettae Maros

Menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Hasanuddin atau Lembaga Penelitian lain kecuali kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang sudah lazim digunakan, karya tulis ini merupakan murni dari gagasan penelitian saya sendiri, kecuali arahan Tim Pembimbing dan masukan Tim Penguji.

Makassar, 27 Januari 2023

Yang Membuat Pernyataan,



Arsyih Arjuna

SARI BACAAN

Kawasan Karst Maros Pangkep merupakan sebuah kawasan yang di dalamnya memiliki nilai potensi tinggalan sejarah berupa peninggalan lukisan gua prasejarah dengan beragam bentuk dan jenis gambar. Namun, lukisan dinding gua di Kabupaten Maros dan Pangkep telah banyak mengalami kerusakan yang disebabkan oleh faktor alam terutama perubahan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis persentase kerusakan lukisan purbakala di leang Pettae Maros menggunakan data citra lukisan purbakala dan pengaruh temperatur dan kelembaban terhadap kerusakan lukisan dari tahun 2019 sampai tahun 2022 dengan metode *image processing* dan metode *multiple regression* serta melihat korelasi (korelasi *pearson*) antara laju kerusakan lukisan dengan data model cuaca. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai yang diperoleh dari pengolahan *image processing* terhadap persentase kerusakan purbakala di Leang Pettae Maros mengalami peningkatan secara signifikan yaitu sebesar 0,0329% Pada Tahun 2019 dan meningkat sampai 0,2441% Pada Tahun 2022. Sedangkan hasil laju kerusakan berdasarkan hasil verifikasi grafik observasi dan modeling kerusakan menggunakan data cuaca dalam gua dan luar gua dari Tahun 2019 sampai Tahun 2022 menunjukkan bahwa adanya hubungan antara temperatur dan kelembaban yang menyebabkan kerusakan lukisan di Leang Pettae Maros. Kemudian untuk temperatur dan kelembaban yang berada di dalam gua lebih dominan berpengaruh terhadap kerusakan lukisan di bandingkan dengan temperatur dan kelembaban luar gua. Terlihat dari nilai korelasi *pearson* yang di dapatkan dari data cuaca untuk dalam gua yaitu 0,9864 sedangkan data cuaca untuk luar gua yaitu 0,9161. Lukisan dinding di Leang Pettae Maros telah banyak mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh adanya fluktuasi temperatur yang tinggi. Meskipun kerusakan ini disebabkan oleh perubahan temperatur, kerusakan lukisan ini diperparah oleh kelembaban yang tinggi. Ini diperkuat oleh fakta bahwa lukisan yang berada dimulut gua (terbuka) memiliki tingkat kerusakan yang lebih tinggi dari pada yang ada di bagian dalam gua.

Kata kunci: Data citra, temperatur, kelembaban, *image processing*, *multiple regression*, korelasi *pearson*

ABSTRACT

The Maros Pangkep Karst Area is an area that has the potential value of historical heritage in the form of prehistoric cave paintings with various forms and types of images. However, cave wall paintings in Maros and Pangkep regencies have suffered a lot of damage caused by natural factors, especially environmental changes. This study aims to analyze the percentage of damage to ancient paintings in Leang Pettae Maros using image data of ancient paintings and the effect of temperature and humidity on painting damage from 2019 to 2022 using image processing and multiple regression methods and see the correlation (Pearson correlation) between the rate of painting damage and weather model data. The results of this study indicate that the value obtained from image processing on the percentage of archaeological damage at Leang Pettae Maros has increased significantly, namely 0.0329% in 2019 and increased to 0.2441% in 2022. While the results of the damage rate based on the verification of the observation graph and damage modeling using weather data inside the cave and outside the cave from 2019 to 2022 show that there is a relationship between temperature and humidity that causes damage to paintings in Leang Pettae Maros. Then for temperature and humidity inside the cave is more dominant in influencing the damage to the painting compared to the temperature and humidity outside the cave. It can be seen from the Pearson correlation value obtained from weather data for inside the cave which is 0.9864 while weather data for outside the cave is 0.9161. Wall paintings in Leang Pettae Maros have suffered a lot of damage caused by high temperature fluctuations. Although this damage is caused by temperature changes, the damage to the paintings is exacerbated by high humidity. This is reinforced by the fact that paintings in the mouth of the cave (open) have a higher level of damage than those in the interior of the cave.

Keywords: Image data, temperature, humidity, image processing, multiple regression, pearson correlation

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim.

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin. Segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunianya sehingga skripsi dengan judul **Pemodelan Kerusakan Lukisan Purbakala Akibat Cuaca di Leang Pettae Maros** bisa diselesaikan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Terima kasih saya ucapkan kepada kedua orang tua saya, **Saparuddin** (ayah) dan **Rahmatia** (ibu), nenek saya **Nursida** serta saudara saya **Andika Ramadhan, Ikram Nursyafar** dan **Izwan Zyazwan Syahnur** yang memberikan dukungan sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

Selain itu, ucapan terima kasih juga diberikan kepada :

1. Bapak **Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc** selaku dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan ilmu dan nasihat sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si** selaku dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan nasihat dan ilmunya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak **Dr. Muhammad Hamzah, M.T** dan Bapak **Dr. Saaduddin, M.Si** selaku tim penguji yang telah memberikan saran-saran dalam penulisan skripsi ini.

4. Seluruh Dosen Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin terkhusus Ibu **Makharani, S.Si, M.Si** selaku dosen Penasehat Akademik, staf Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam terkhusus staf Departemen Geofisika, Staf Laboratorium, Staf Perpustakaan Pusat dan Staf Perpustakaan Fakultas atas segala bantuan, ilmu dan arahan yang bermanfaat bagi penulis.
5. Kepada pihak **Balai Besar Pelestarian Cagar Budaya (BPCB) Sulawesi Selatan** yang telah memberikan fasilitas berupa data kepada penulis untuk pengerjaan skripsi ini.
6. Kepada kakak-kakak Geofisika Universitas Hasanuddin terkhusus Kak **Muh. Syafrizal, S.Si** dan Kak **Andika, S.Si, M.Si** yang telah memberikan saran dan bantuan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Kepada teman se-TA dengan topik leang-leang yang saling bertukaran pikiran selama kepenulisan skripsi ini.
8. Kepada **Haerul Firmansyah** sebagai teman kamar atas semua pertenggaran, arahan dan bantuan yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
9. Kepada teman kerja tugasku selama kuliah **Nurhuda Ningsi Hasan** atas bantuannya selama ini.
10. Kepada teman gabutku **Ita, Fatiha, Ismi, Haidir, Fausta, Cindy, Mei, Sindy, Sarni, Mawang, Maul, Dian, Akbar, Haikal, Jinaan, Suleha, Alif, Mulki, Nude, Nismul, Reika, Jack, Riman, Ikki** atas bantuan dalam menghindari segala macam pusing yang berdatangan.

11. Kepada Teman *healing*-ku **Raga** yang selalu ada pada saat saya pusing dan butuh jalan.
12. Kepada Teman curhatku Kak **Enry** yang setia mendengarkan segala keluhan dan memberikan masukan yang sangat bermanfaat.
13. Kepada Teman-teman **IKAB-KIP Unhas** terkhusus Kak **Aswin**, Kak **Thiya**, Kak **Ipe**, Kak **Hikma**, Kak **ai**, Kak **Erna**, Kak **Alif**, Kak **Sandi**, **Ita**, **Aldi**, **Adi**, **Asril**, **Yuli**, **Riri**, **Sarmila**, **Syahrul**, **Erik**, **Aksel**, **Heriana** dan **Risma** atas dukungan dan motivasinya selama ini.
14. Kepada Teman-teman **PMR KRT SMAN 4 Bulukumba** terkhusus kak **Fitri**, **Rahma**, **Farhan**, **Dayat**, **Eka**, **Iis**, **Ilfa**, **Asran** dan **Riswan** yang telah kebersamai selama ini.
15. Kepada Saudara(i) **Geofisika 19** dan **HMGF 19** yang selalu ada, terus menemani dan membantu selama kuliah.
16. Kepada kakak-kakak **HMGF 17**, **HMGF 18**, adik-adik **HMGF 20** dan **HMGF 21** yang senantiasa memberikan tawa.

Serta kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu terima kasih untuk semuanya. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca maupun penulis. Penulis telah mengerahkan segala kemampuan dalam proses penyusunan skripsi ini, namun sebagai manusia biasa yang memiliki banyak kekurangan penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
SARI BACAAN	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Ruang Lingkup	3
I.3 Rumusan Masalah.....	3
I.4 Tujuan Praktikum	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Kawasan Karst Maros Pangkep.....	4
II.2 Lukisan Purbakala	7
II.3 Temperatur	12
II.4 Kelembaban.....	13
II.5 Metode <i>Image Processing</i>	15
II.6 Metode <i>Multiple Regression</i>	17
II.7 Korelasi <i>Pearson</i>	19
II.8 <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
III.1 Lokasi Praktikum	22
III.2 Alat dan Bahan.....	22
III.2.1 Alat.....	22
III.2.2 Bahan	22

1 Data Citra Lukisan Prasejarah Leang Pettae	23
2 Temperatur	23
3 Kelembaban.....	23
III.3 Prosedur Penelitian	23
III.3.1 Tahap Persiapan dan Pengumpulan Data.....	23
III.3.2 Tahap Pengolahan Data	24
III.4 Bagan Alir Penelitian	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
IV.1 Nilai Persentasen Kerusakan Dan Laju Kerusakan Lukisan	26
IV.2 Hasil Pengolahan Laju Kerusakan dengan Data Cuaca Dalam Gua	27
IV.3 Hasil Pengolahan Laju Kerusakan dengan Data Cuaca Luar Gua	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	32
V.1 Kesimpulan	32
V.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Peta Kawasan Karts Maros-Pangkep (Achmad & Hamzah, 2016)...	4
Gambar 2. 2	Kawasan Karts Maros-Pangkep (Achmad & Hamzah, 2016).....	6
Gambar 2. 3	Lukisan Tangan dan Lukisan Babi (E. C. Permana, 2015)	10
Gambar 2.4	Mulut Gua Pettae (E. C. Permana, 2015)	11
Gambar 2. 5	Komposisi Gambar RGB (Mulyawan et al., 2011)	16
Gambar 3.1	Peta Lokasi Penelitian.....	22
Gambar 3.2	Bagan Alir Penelitian.....	25
Gambar 4.1	Grafik Observasi dan Modeling kerusakan lukisan leang Pettae menggunakan data cuaca dalam gua dari tahun 2019-2022	28
Gambar 4.2	Grafik Observasi dan Modeling kerusakan lukisan leang Pettae menggunakan data cuaca luar gua dari tahun 2019-2022.....	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria Korelasi Pearson	20
Tabel 4.1 Nilai Persentasen Kerusakan Dan Laju Kerusakan Lukisan	26
Tabel 4.2 Nilai Prediktor (Temperatur dan Kelembaban dalam Gua)	27
Tabel 4.3 Nilai Prediktor (Temperatur dan Kelembaban Luar Gua).....	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Hasil Poligon.....	35
Lampiran 2. Data Julian Day dan Kerusakan Lukisan	36
Lampiran 3. Hasil Perhitungan Data Temperatur Dalam dan Luar Gua	37
Lampiran 4. Hasil Perhitungan Data Kelembaban Dalam dan Luar Gua	38
Lampiran 5. Hasil Pengolahan Matlab cuaca dalam Gua.....	39
Lampiran 6. Hasil Pengolahan Matlab cuaca luar Gua	44
Lampiran 7. Hasil Perhitungan Pixel	49

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kawasan Karst Maros-Pangkep secara administratif masuk dalam wilayah Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan. Ciri khas dari kawasan karst ini yaitu bentuk karstnya yang berupa menara atau dalam istilah geologis disebut *tower karst*. Kawasan ini telah ditetapkan menjadi Geopark Maros-Pangkep yaitu sebuah Kawasan yang di dalamnya memiliki keunikan geologi (*outstanding geologi*). Gugusan karstnya membentang dari Kabupaten Maros sampai Kabupaten Pangkep bahkan sampai Kabupaten Barru, sehingga disebut dengan nama kawasan karst Maros-Pangkep. Umumnya kawasan ini dan kawasan karst lainnya secara ekonomi dikenal sebagai kawasan yang memiliki potensi bahan galian tambang untuk bahan bangunan, marmer dan bahan baku semen (Susanti, 2016).

Selain potensi tambang kawasan ini juga memiliki potensi ekonomi lain yang tidak kalah penting, yaitu nilai jasa lingkungan (*environmental services*) seperti sumberdaya air, keanekaragaman hayati, keunikan bentang alam, obyek wisata alam, dan potensi tinggalan sejarah dan purbakala berupa situs gua prasejarah. Mengacu pada data tahun 2012, terdapat 126 gua prasejarah di Kawasan Karst Maros Pangkep, 78 diantaranya memiliki tinggalan berupa lukisan gua prasejarah, dengan beragam bentuk dan jenis gambar. Keberadaan gua prasejarah tersebut yang menjadikan kawasan karst ini dikenal dengan kawasan gua prasejarah Maros-Pangkep, yang saat ini sementara dalam proses penetapan sebagai Kawasan Cagar

Budaya Gua Prasejarah Maros-Pangkep dimana kawasan ini banyak terdapat peninggalan purbakala baik artefak maupun non-artefak (Susanti, 2016).

Setelah ribuan tahun ditinggalkan, kini lukisan dinding gua di Kabupaten Maros dan Pangkep telah banyak mengalami kerusakan karena proses pelapukan dan pengelupasan kulit batuan terus berlanjut. Lukisan pada dinding gua prasejarah umumnya mengalami kerusakan yang sama, selain terjadi pengelupasan juga terjadi retakan mikro dan makro. Di samping itu di beberapa tempat warna lukisan memudar terutama lukisan yang terletak di bagian dinding depan mulut gua. Demikian pula proses inkrustasi (pengendapan kapur) terus berlanjut, hampir semua gua terjadi proses pengendapan kapur pada kulit batuan gua, coretan spidol dan goresan benda tajam juga banyak dijumpai (Suhartono, 2012).

Terlihat bahwa ancaman kerusakan lukisan dinding gua disebabkan karena faktor alam. Ancaman kerusakan lukisan dinding gua yang diakibatkan oleh faktor alam terutama adanya perubahan lingkungan. Berdasarkan penelitiannya, melaporkan bahwa kerusakan gambar gua disebabkan adanya fluktuasi temperatur yang besar. Temperatur naik tinggi pada siang hari dan turun tajam pada malam hari. Perbedaan temperatur antara siang dan malam ini mengakibatkan tekanan (*stress*) pada lapisan luar batuan tempat lukisan itu berada. Situasi dan kondisi tersebut berlangsung lama sehingga menyebabkan terjadi pengelupasan kulit luar batuan. Pengelupasan ini juga berdampak pada terkelupas atau rusaknya lukisan dinding (E. C. Permana, 2015).

Oleh karna itu untuk menghindari hal tersebut, maka dilakukan penelitian agar dapat menghitung kerusakan lukisan dan menganalisis penyebab kerusakan yang dapat

mengancam keselamatan dan kelestarian kawasan gua-gua prasejarah dan lukisan yang ada didalamnya.

I.2 Ruang Lingkup

Penelitian ini yaitu dibatasi oleh analisis persentase kerusakan lukisan purbakala di leang Pettae Maros menggunakan data citra lukisan purbakala dan pengaruh temperatur dan kelembaban terhadap kerusakan lukisan dari tahun 2019 sampai tahun 2022 dengan metode *image processing* dan metode *multiple regression*.

I.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka masalah dalam penulisan ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana presentase kerusakan lukisan purbakala leang Pettae dengan *image processing* yang terjadi antara tahun 2019 sampai 2022?
2. Bagaimana analisis R (korelasi) antara temperatur dan kelembaban yang dapat mempengaruhi kerusakan lukisan purbakala leang Pettae yang terjadi pada tahun 2019 sampai 2022?

I.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

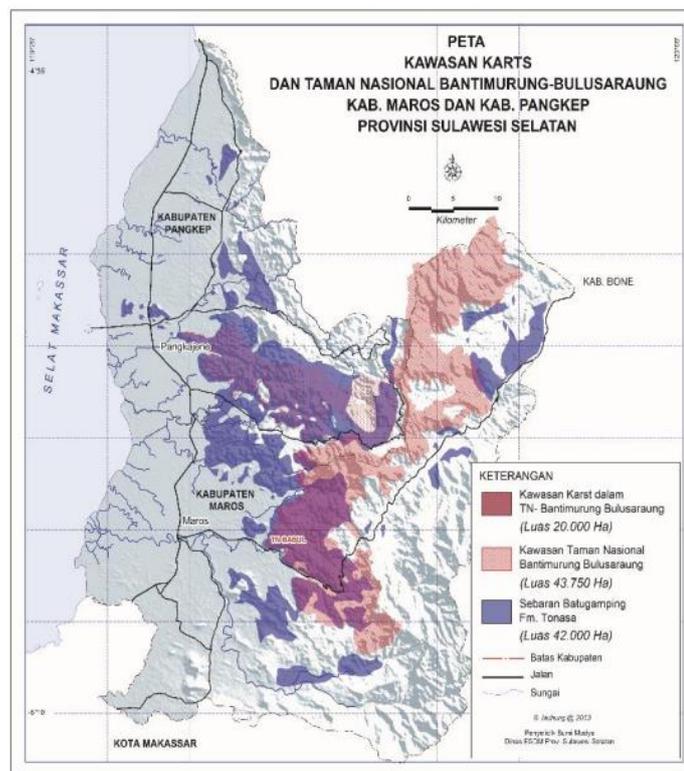
1. Mengetahui jumlah presentase kerusakan lukisan purbakala leang Pettae dengan metode *image processing* yang terjadi antara tahun 2019 sampai 2022.
2. Menganalisis R (korelasi) antara data temperatur dan kelembaban yang dapat mempengaruhi kerusakan lukisan purbakala leang Pettae yang terjadi pada tahun 2019 dan 2022.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Kawasan Karst Maros-Pangkep

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 Pacific Forum on Karst Ecosystems and World Heritage (The UNESCO World Heritage Centre 2001)*. Kawasan ini memiliki tipe karst menara (*tower karst*) yang sangat khas sejenis dengan yang ada di Cina Selatan dan Vietnam (Samodra 2001), sehingga direkomendasikan menjadi kawasan warisan dunia (*natural world herilage*) (Kurniawan et al., 2010).



Gambar 2.1 Peta Kawasan Karts Maros-Pangkep (Achmad & Hamzah, 2016)

Kawasan Karst Maros Pangkep dilihat secara administrasi masuk dalam Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkep. Sebagian wilayah administrasi Kabupaten Maros yang masuk dalam kawasan karst terdiri dari sembilan kecamatan, sedangkan kawasan karst yang masuk di Kabupaten Pangkep terdiri dari empat kecamatan. Sebagian kecamatan di Kabupaten Maros yang masuk dalam kawasan karst seluas 24.637,79 ha yang dapat diuraikan menurut kecamatan yaitu Kecamatan Bantimurung dengan luas 9.053,56 ha, Kecamatan Bontoa seluas 1553,59 ha, Kecamatan Camba seluas 574,87 ha, Kecamatan Cenrana seluas 2.320,11 ha, Kecamatan Lau seluas 3,00 ha, Kecamatan Mallawa seluas luas 3.240,11 ha, Kecamatan Simbang seluas 4.841,31 ha, Kecamatan Tanralili seluas 522,52 ha dan Kecamatan Tompu Bulu dengan luas 2.528,79 ha. Selain kabupaten Maros, sebagian kecamatan di Kabupaten Pangkep yang masuk dalam kawasan karst seluas 15.379,17 ha yang sebagian masuk dalam Kecamatan Balocci seluas 6.226,01 ha, Kecamatan Bungoro seluas 449,90 ha, Kecamatan Minasa Tene seluas 4.449,99 ha dan Kecamatan Tondong dengan luas 4.206,27 ha (Fatinaware & Fauzi, 2019).

Kawasan Karts di Kabupaten Maros-Pangkep (Taman Nasional Bantimurung-Bulusaraung) telah ditetapkan sebagai Kawasan Ekosistem Esensial melalui Keputusan Gubernur Sulawesi Selatan No.1489/V/2011 tanggal 4 Mei 2011. Salah satu rencana tindak lanjut untuk keputusan tersebut adalah pembentukan Konsorsium, Pemetaan MPKA, Penyelarasan rencana aksi pengelolaan ekosistem Karst Maros-Pangkep, Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung, Zonasi Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung, Zonasi Situs Prasejarah, dan RTRW Kecamatan Maros dan Pangkep, pemantauan dan evaluasi pelaksanaan rencana aksi

untuk pengelolaan ekosistem esensial dan kerjasama nasional/internasional di kawasan Maros-Pangkep (Duli et al., 2019).

Pada beberapa gugusan di kawasan karst ini terdapat gua-gua prasejarah yang umumnya berada di dasar tebing terjal perbukitan karst yang memiliki puncak bukit seperti bentuk menara dengan ketinggian 200-500 meter di atas permukaan laut. Perbukitan karst membentang dari Pangkep ke selatan di Maros sejauh + 45 km dan memiliki jarak dari bukit ke garis pantai 8–12 km di Pangkep, dan 14–25 km di Maros. Gua-gua prasejarah ini adalah bukti keberadaan manusia di masa lalu. Berdasarkan data Badan Pengelola Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung, kawasan karst Maros Pangkep memiliki potensi hutan yang cukup besar, terdiri dari taman nasional, hutan lindung, dan total hutan produksi mencapai 17.041,79 ha. Keberadaan hutan yang berada dalam gugusan karst ini menjadikannya hutan karst. Hutan Karts Maros-Pangkep menyimpan kekayaan hayati karena merupakan rumah bagi satwa endemik dan langka. Salah satunya adalah Kera Hitam Sulawesi atau *Macaca Maura* yang terancam punah. Selain itu, ada 125 jenis kupu-kupu yang hidup di kawasan karst ini (Duli et al., 2019).



Gambar 2.2 Kawasan Karts Maros-Pangkep (Achmad & Hamzah, 2016)

Di kawasan pegunungan kapur (*karts*) 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 gua. Lukisaan dinding gua kondisi sebagian besar telah mengalami kerusakan dan pelapukan (Suhartono, 2012).

Aktivitas penambangan selalu diikuti dengan perubahan sosial, aktivitas keseharian masyarakat sekitar turut terpengaruh, aktivitas industri, peningkatan alat-alat mekanis, dan tentu saja polusi dan limbah. Fakta-fakta tersebut identik dengan penyebab terjadinya kerusakan lingkungan, terlebih lagi lingkungan karst dikenal sebagai sebuah sistem lingkungan yang rapuh. Ketidakstabilan pada satu bahagian akan menjadi pemicu kerusakan pada bahagian lain, dan hal tersebut akan berdampak sistemik pada lingkungan makro. Sebahagian kalangan menganggap bahawa kondisi gambar-gambar prasejarah di gua-gua yang berada dalam lingkungan karst ini sangat dipengaruhi oleh sistem lingkungan yang rapuh ini. Disimpulkan secara gamblang bahawa laju kerusakan pada gambar menjadi sangat cepat sejak kehadiran tambang dan industri batu kapur di kawasan pada beberapa dekade terakhir (Rustan et al., 2019).

II.2 Lukisan Purbakala

Nilai ekonomi kawasan karst, termasuk di Maros-Pangkep, selalu diidentikkan dengan hasil tambang, sementara banyak yang tidak mengetahui bahawa kawasan karst memiliki nilai ekonomi yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan mengandalkan hasil non-tambang. Nilai ekonomi kawasan karst non pertambangan

seperti nilai estetika atau keindahan yang dimiliki, bentuk alam atau geomorfologi, keunikan kawasan karst yang terdapat di beberapa tempat dan adanya gua-gua indah yang terdapat di bawah permukaan tanah. Semua nilai ekonomi non tambang ini pada akhirnya akan habis karena pembangunan terus ada dan akan meninggalkan banyak kerusakan jika kurangnya kesadaran masyarakat untuk selalu melestarikannya (Duli et al., 2019).

Kajian arkeologi yang telah dilakukan di kawasan ini semakin memperkuat pentingnya gua prasejarah tersebut, bahkan penelitian terbaru menempatkan lukisan gua prasejarah di salah satu gua di Maros 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 kemudian menarik para peneliti dari luar negeri untuk melakukan penelitian di wilayah tersebut. Potensi tersebut harus dimanfaatkan secara optimal untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, sebagaimana diamanatkan 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).

Terdapat beragam terminologi yang dikenal dewasa ini mengenai penyebutan lukisan gua prasejarah, dan yang mengemuka saat ini adalah gambar cadas. Selain gambar cadas, dikenal pula istilah cap tangan atau *hand stencil*, gambar tangan, gambar telapak tangan dan gambar bayangan tangan. Penggunaan kata tangan cukup dominan dikarenakan di Indonesia banyak temuan berupa figur tangan. Di luar negeri disebut dengan istilah yang lebih umum yaitu *rock art*, baik itu berupa

painting ataupun *engraving*. Istilah lukisan gua dan gambar cadas akan dipergunakan secara bergantian dengan asumsi makna merujuk pada *rock art painting*. Sepuluh tahun terakhir penelitian arkeologi mengenai lukisan gua prasejarah di Indonesia mengalami peningkatan yang signifikan (Mulyadi, 2016). Salah satu kawasan yang memiliki banyak mengandung cagar budaya adalah kawasan pegunungan kapur Maros dan Pangkep di Propinsi Sulawesi Selatan. Di kawasan pegunungan kapur (*karts*) 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 gua. Seni lukis pertama kali lahir ketika manusia mulai diliputi oleh rasa iseng dan juga rasa takut terhadap lingkungannya, lebih-lebih setelah mereka tinggal di dalam gua atau ceruk. Rasa iseng tersebut diduga diawali dengan usaha meniru bekas garutan kuku binatang pada dinding gua atau ceruk, yang kemudian tanpa disadari telah menghasilkan bentuk-bentuk yang dikehendaki, antara lain model binatang (Suhartono, 2012).

Persebaran situs gambar cadas di Pulau Sulawesi secara administratif terdapat di empat provinsi yaitu Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah dan Gorontalo. Sampai saat ini sebaran situs gambar cadas paling banyak ditemukan di wilayah Sulawesi Selatan, mengingat di wilayah ini paling intensif dilakukan penelitian dibandingkan wilayah lain di Sulawesi. Wilayah yang kaya dengan sebaran situs gambar cadas di Sulawesi Selatan yaitu kawasan karst Maros Pangkep. Kawasan ini merupakan bentangan perbukitan karst yang memanjang dari selatan ke utara, pada dasarnya merupakan satu kesatuan kawasan karst, dan

mengandung satu kesatuan budaya yang tidak terpisahkan oleh batas administrasi Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkep (C. E. Permana et al., 2018).



Gambar 2.3 Lukisan Tangan dan Lukisan Babi (E. C. Permana, 2015)

Gambar dinding gua prasejarah (*Rock art/rock painting*) adalah temuan arkeologis yang khas dan unik kerana bentuk dan sifatnya. Daripadapada sisi bentuk, ekspresi senimannya menunjukkan bentukbentuk yang terkait langsung pada diri mereka dan lingkungannya, misalnya bahagian tubuh seperti telapak tangan, kaki, ataupun profil tubuhnya sendiri. Selain itu, berbagai jenis warna seringkali digunakan untuk menyatakan ekspresinya, seperti merah, hitam, ungu, kuning, dan putih. Sedangkan daripada sifatnya, menjadi khusus kerana tingkat kerentanan terhadap kerusakan, tetapi terbukti 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 rusak sehingga harus di jaga kelestariannya (C. E. Permana et al., 2018).



Gambar 2.4 Mulut Gua Pettae (E. C. Permana, 2015)

Gua Pettae berada di dalam kompleks Taman Prasejarah Leang-leang, yaitu di halaman depan taman, dengan posisi mulut gua berada di kaki bukit. Gua Pettae merupakan suatu ceruk yang cukup besar, memiliki ornamen berupa stalagtit dan stalagmit. Permukaan dinding Gua Pettae sebagian besar bertekstur kasar, banyak terdapat tonjolan-tonjolan, sedangkan pada atap gua terdapat stalagtit. Intensitas cahaya yang masuk ke gua ini tidak begitu besar sehingga bagian dalam gua menjadi remang-remang. Lukisan pada dinding Gua Pettae pertama kali ditemukan oleh Heeren Palm pada tanggal 26 Februari 1950, berupa lukisan 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. Pagi hari berikutnya Van Heekeren menemukan lukisan babirusa dalam

posisi melompat dengan matapanah tertancap di jantungnya. Di leher dan punggung babi rusa tersebut terdapat lukisan lima atau enam berkas rambut yang kaku (C. E. Permana et al., 2018).

III.3 Temperatur

Adanya fluktuasi temperatur yang besar dalam sehari baik di musim kemarau dan musim hujan, waktu temperatur 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 (*stress*) sering dialami oleh lapisan luar. Tekanan menyebabkan terkelupas lapisan luar batuan menjadi lapisan tipis. Meskipun ekspansi termal ini disebabkan terutama oleh perubahan temperatur, proses ini juga diperparah oleh adanya kelembaban yang tinggi. Dugaan ini diperkuat oleh fakta bahwa lukisan yang berada di mulut gua (terbuka) memiliki tingkat kerusakan lukisan yang lebih tinggi daripada yang berada di bagian dalam gua (Mulyadi, 2016).

Lukisan pada dinding gua prasejarah umumnya mengalami kerusakan yang sama, yaitu terjadi pengelupasan dan sedimentasi. 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 temperatur yang besar dalam sehari. Temperatur 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. Meskipun kerusakan ini disebabkan terutama oleh perubahan temperatur, proses ini

juga diperparah oleh adanya kelembaban yang tinggi. Dugaan ini diperkuat oleh fakta bahwa lukisan yang berada dimulut gua (terbuka) memiliki tingkat kerusakan yang lebih tinggi dari pada yang ada di bagian dalam gua. Akan tetapi tidak bisa di pungkiri 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 (Mulyadi, 2016).

III.4 kelembaban

Tingkat kelembaban tersebut dengan mudah memicu pertumbuhan mikroorganisme yang terjadi dalam gua-gua prasejarah. Air yang terdapat di dalam dan di sekitar lingkungan gua merupakan salah satu penyebab terjadinya kelembaban dalam gua, sehingga dengan mudah dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme seperti algae dan moss. Pertumbuhan mikroorganisme ini akan mempercepat terjadinya pelapukan pada bagian lapisan batuan dan lukisan. Pada musim kemarau algae dan moss akan kering, hal ini dikhawatirkan akan menyebabkan pengelupasan (Susanti, 2016).

Kelembaban yang terjadi di Kompleks Gua Prasejarah Bellae semakin tinggi yaitu rata-rata berkisar antara 35- 50 %. Tingkat kelembaban tersebut dengan mudah memicu pertumbuhan mikroorganisme yang terjadi dalam gua-gua prasejarah. Air yang terdapat di dalam dan di sekitar lingkungan gua merupakan salah satu penyebab terjadinya kelembaban dalam gua, sehingga dengan mudah dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme seperti algae dan moss. Pertumbuhan mikroorganisme ini akan mempercepat terjadinya pelapukan pada bagian lapisan

batuan dan lukisan. Pada musim kemarau algae dan moss akan kering, hal ini dikhawatirkan akan menyebabkan pengelupasan. Contoh kasus kerusakan yang terjadi pada gua-gua prasejarah yaitu dapat kita temukan pada Leang Lompoa. Pada tahun 2007 lukisan cap tangan masih nampak jelas dan masih teridentifikasi, namun bagian lapisan batuan sudah mengalami pengelupasan dan penggaraman. Pengelupasan lapisan batuan nampak pada bagian atas lukisan cap tangan dan di sekitar lukisan tersebut terdapat juga aliran air yang memicu terjadinya pengelupasan dan penggaraman permukaan lapisan batuan. Namun demikian kerusakan lukisan tersebut dibiarkan tanpa ada upaya apapun. Pada tahun 2015 tampak bahwa lukisan tersebut hampir semuanya tertutup algae. Permasalahan tersebut apabila dibiarkan tanpa ada upaya apapun dapat menyebabkan hilangnya lukisan cap tangan, karena lama kelamaan akan terjadi pengelupasan akibat mengeringnya algae yang menutupi lukisan tersebut. Kondisi lukisan manusia di Leang Lompoa juga sangat parah. Di tahun 2007 kondisi tiga lukisan manusia yang ada di gua tersebut masih nampak jelas demikian pula lapisan dinding gua yang memiliki lukisan belum mengalami pengelupasan yang parah. Pada tahun 2015 lukisan tersebut hanya tersisa satu dan sudah tidak utuh, sedangkan dua lukisan lainnya sudah terkelupas dan hilang. Batuan dinding juga nampak parah karena hampir semua batuan dinding mengalami pengelupasan (Susanti, 2016).

Pada musim hujan mulut gua yang tidak terlindungi akan terkena air hujan secara terus menerus. Air hujan dapat bersifat asam karena karbon dioksida atmosfer larut dalam air hujan menghasilkan asam karbonat. Dalam lingkungan tidak tercemar, pH air hujan sekitar 5,6. Oksida ini dalam air hujan menghasilkan asam kuat dan

menurunkan pH sampai 4,5 atau 3,0 (Suhartono, 2012). Sulfur dioksida ini dapat berasal dari lingkungan yang tercemar akibat gas buangan dari kendaraan bermotor. Air hujan yang bersifat asam ini dapat menyebabkan pelapukan pada lapisan luar/permukaan batuan yang terkena air hujan. Hal ini diperparah juga dengan kondisi pelataran dan akses masuk ke beberapa gua yang tergenang air pada saat musim hujan, sehingga tingkat kelembaban semakin meningkat (Susanti, 2016).

II. 5 Metode *Image Processing*

Pengolahan citra adalah kegiatan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia/mesin (komputer). Inputannya adalah citra dan keluarannya juga citra tapi dengan kualitas lebih baik daripada citra masukan. Misal citra warnanya kurang tajam, kabur (*blurring*), mengandung noise (misal bintik-bintik putih), sehingga perlu ada pemrosesan untuk memperbaiki citra karena citra tersebut menjadi sulit diinterpretasikan karena informasi yang disampaikan menjadi berkurang. Teknik-teknik pengolahan citra mentransformasikan citra menjadi citra lain. Jadi, masukannya adalah suatu citra dan keluarannya juga citra, namun citra keluaran mempunyai kualitas lebih baik daripada citra masukan (Favoria, 2013).

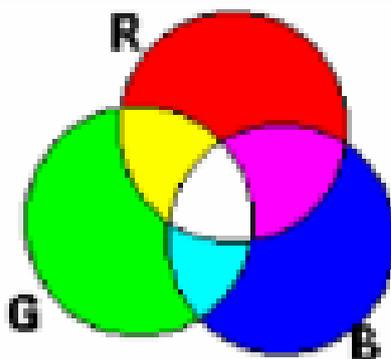
Citra digital adalah gambar dua dimensi yang dihasilkan dari gambar analog dua dimensi yang kontinu menjadi gambar diskrit melalui proses sampling. Agar dapat direpresentasikan secara numeric dengan nilai-nilai diskrit. Representasi citra dari fungsi malar (kontinu) menjadi nilai-nilai diskrit disebut digitalisasi. Citra yang dihasilkan inilah yang disebut digital (*Digital Image*) (Favoria Gusa, 2013).

Citra yang baik adalah citra yang memiliki kualitas tinggi dan sesuai dengan gambar aslinya serta memiliki informasi yang lengkap dan jelas sesuai dengan apa

yang kita inginkan. Namun seringkali citra mengalami penurunan kualitas citra misalnya, terjadinya cacat pada citra (*derau*), terlalu kontras, kurang tajam warnanya, terlalu lembut dan lain sebagainya. Citra yang seperti ini lebih sulit untuk diinterpretasikan, karena informasi yang disampaikan menjadi kurang sempurna atau berkurang kualitasnya. Dengan adanya kekurangan-kekurangan ini maka citra tersebut harus dimanipulasi menjadi citra baru yang kualitasnya lebih baik dari citra sebelumnya (Favoria Gusa, 2013).

Berdasarkan nilai pikselnya, citra digital dapat dikelompokkan ke dalam 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 matrik untuk *Blue (B-layer)*, *R-layer* adalah matrik yang menyatakan derajat kecerahan untuk warna merah (misalkan untuk skala keabuan 0-255, nilai 0 menyatakan gelap (hitam) dan 255 menyatakan merah).



Gambar 2.5 Komposisi Gambar RGB (Mulyawan et al., 2011)

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 (Mulyawan et al., 2011).

2. Citra grayscale merupakan citra digital yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pikselnya, dengan kata lain nilai bagian *red* = *green* = *blue*. Nilai tersebut digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas. Warna yang dimiliki citra grayscale adalah warna keabuan dengan berbagai tingkatan dari hitam hingga putih. Citra grayscale dapat diperoleh dari citra RGB. Nilai intensitas citra grayscale (keabuan) dihitung dari nilai intensitas citra RGB dengan menggunakan persamaan Nilai keabuan = $0,2989 \cdot R + 0,5870 \cdot G + 0,1140 \cdot B$ (Favoria Gusa, 2013).

3. 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: $g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{jika } f(x, y) \geq T \\ 0 & \text{jika } f(x, y) < T \end{cases}$ (Favoria Gusa, 2013).

II.6 Model *Multiple Regression* (MR)

Analisis regresi dapat didefinisikan sebagai metode statistika yang digunakan untuk mengetahui hubungan fungsional linear antara satu variabel respon dengan satu variabel prediktor. Terdapat dua jenis variabel dalam analisis regresi yaitu variabel respon atau disebut dengan variabel dependen (Y) dan variabel prediktor atau disebut variabel independen (X). Variabel respon (Y) dinyatakan juga sebagai variabel yang dipengaruhi dan variabel prediktor (X) dinyatakan juga sebagai variabel yang mempengaruhi. Terdapat dua jenis analisis regresi linier yaitu analisis

regresi linier sederhana dan analisis regresi linier berganda. Analisis regresi linier sederhana hanya melibatkan satu variabel prediktor sedangkan analisis regresi linier berganda melibatkan dua atau lebih variabel prediktor Regresi linear berarti bahwa variabel respon (Y) berkaitan linear dengan variabel prediktor (X) dalam bentuk persamaan linearyang dapat dinyatakan sebagaimana persamaan 8.1 sebagai berikut (Sulistiyowati & Astuti, 2017).

$$Y = \alpha + \beta x \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana, α dan β adalah dua parameter pada analisis regresi yang disebut sebagai intercept (α) dan slope (β)

Multiple Regression (MR) dapat dirumuskan sebagai berikut (Kutner *et al.*, 2004):

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_nX_n\dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

Y : Variabel Terikat / Hasil Regresi

X_1X_2 : Variabel Bebas / Prediktor

a : Konstanta

b_1b_2 : Koefisien Regresi

Untuk menentukan nilai a, b_1, b_2 digunakan metode kuadrat terkecil (*Least Square*)

dapat dirumuskan sebagai berikut (Kutner *et al.*, 2004):

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum X_1}{n} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\sum X_2}{n} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$b_1 = \frac{(\sum X_2^2)(\sum X_1Y) - (\sum X_1X_2)(\sum X_2Y)}{(\sum X_1^2)(\sum X_2^2) - (\sum X_1X_2)^2} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$b_2 = \frac{(\sum X_1^2)(\sum X_2 Y) - (\sum X_1 X_2)(\sum X_1 Y)}{(\sum X_1^2)(\sum X_2^2) - (\sum X_1 X_2)^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$a = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2 \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

$\bar{X}_1 \bar{X}_2$: Jumlah Rata-rata Variabel Bebas / Prediktor

\bar{Y} : Jumlah Rata-rata Variabel Terikat / Hasil Regresi

N : Jumlah Data

II.7 Korelasi *Pearson*

Analisis korelasi yaitu metode statistika yang digunakan untuk menentukan suatu besaran yang menyatakan bagaimana kuat lemahnya hubungan antara suatu variabel dengan variabel lain dengan tidak mempersoalkan apakah suatu variabel tertentu tergantung kepada variabel lain. Semakin nyata hubungan linier maka semakin kuat atau tinggi derajat hubungan garis lurus antara kedua variabel tersebut. Terdapat beberapa teknik korelasi yang sangat populer sampai sekarang seperti Korelasi *Pearson Product Moment*, Korelasi *Rank Spearman*, Korelasi Parsial, Korelasi Kontingensi, Korelasi Eta, Korelasi Kendall's Tau, Korelasi *Point Serial* (Tunggal) dan Korelasi Liliefors (Miftahuddin et al., 2021).

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 variable. korelasi *Pearson* digunakan untuk mengetahui tingkat atau keeratan hubungan antara dua variabel atau dua fitur objek. Besarnya nilai korelasi *Pearson* dapat dilihat pada persamaan berikut (Miftahuddin et al., 2021):

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana:

x : variabel pertama,

y : variabel kedua

n : banyaknya pengamatan

Koefisien korelasi adalah ukuran yang dipakai untuk mengetahui derajat hubungan antara variabel-variabel. Nilai koefisien korelasi berada di antara negatif 1 sampai positif 1 yaitu dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 2.1 Kriteria Korelasi Pearson

R	Interpretasi
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

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).

II.8 Root Mean Square Error (RMSE)

Nilai Root Mean Square Error (RMSE) diperoleh dengan cara menghitung nilai akar dari rata-rata kuadrat dari nilai kesalahan yang menggambarkan selisih antara

data antara observasi dengan nilai hasil prediksi, dapat di hitung dengan menggunakan persamaan (Andika, 2017):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i Y_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan:

X_i = Data observasi

Y_i = Data prediksi

n_i = Jumlah data