

Skripsi Geofisika

**PEMODELAN KERUSAKAN LUKISAN PURBAKALA AKIBAT CUACA
DI LEANG PAREWE PANGKAJENE DAN KEPULAUAN**

Disusun dan diajukan oleh

Haerul Firmansyah

H061191030



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

HALAMAN JUDUL

**PEMODELAN KERUSAKAN LUKISAN PURBAKALA AKIBAT CUACA
DI LEANG PAREWE PANGKAJENE DAN KEPULAUAN**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Pada Departemen Geofisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Hasanuddin

HAERUL FIRMANSYAH

H061191030

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

HALAMAN PENGESAHAN

**PEMODELAN KERUSAKAN LUKISAN PURBAKALA AKIBAT CUACA
DI LEANG PAREWE PANGKAJENE DAN KEPULAUAN**

Disusun dan Diajukan Oleh:

HAERUL FIRMANSYAH

H061191030

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

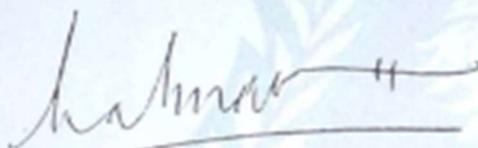
Pada 27 Januari 2022

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 : Haerul Firmansyah

NIM : H061191030

Departemen : Geofisika

Judul Tugas Akhir : Pemodelan Kerusakan Lukisan Purbakala Akibat Cuaca di
Leang Parewe Pangkajene dan Kepulauan

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, 26 Januari 2023

Yang Membuat Pernyataan,



Haerul Firmansyah

SARI BACAAN

Kawasan Karst Maros-Pangkep merupakan salah satu kawasan yang telah ditetapkan menjadi Geopark maros-pangkep yaitu sebuah Kawasan yang di dalamnya memiliki keunikan geologi. Didalam kawasan karst tersebut terdapat Lukisan gua prasejarah dimana lukisan ini rentan dengan kerusakan yang di akibatkan oleh cuaca. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah persentase kerusakan serta bagaimana pengaruh cuaca terhadap kerusakan lukisan. Metode analisis yang digunakan yaitu multiple regresi linear dengan menghitung *korelasi Pearson* (r) dan RMSE (*Root Mean Square Error*) antara laju kerusakan dan data cuaca. Berdasarkan nilai yang telah di peroleh dari pengolahan *image processing* didapatkan bahwa persentase kerusakan pubakala di leang Parewe dari tahun 2019 sampai 2022 mengalami mengalami peningkatan yang cukup signifikan dimana tingkat persentase kerusakan tahun 2019 yaitu 0,270833333% sedangkan tingkat persentase kerusakan tahun 2022 yaitu 36,9375% sedangkan dari hasil analisis model diketahui bahwan temperatur dan kelembaban sangat mempengaruhi laju kerusakan lukisan purbakala leang Parewe dengan nilai korelasi pearson yang tertinggi yaitu 0.9989 untuk data cuaca dalam gua dan 0.8801 untuk data cuaca luar gua.

Kata kunci: Temperatur Dan Kelembaban, Kerusakan Lukisan, *Multiple Linear Regression*, *Korelasi Pearson*, Leang Parewe

ABSTRACT

The Maros-Pangkep Karst Area is one of the areas that has been designated as the Maros-Pangkep Geopark, which is an area that has geological uniqueness. Inside the karst area there are prehistoric cave paintings where these paintings are vulnerable to damage caused by weather. this research aims to find out the percentage amount of damage and how the weather affects the damage to paintings. The analysis method used is multiple linear regression by calculating Pearson correlation (r) and RMSE (Root Mean Square Error) between damage rate and weather data. Based on the values obtained from image processing, it is found that the percentage of pubakala damage in leang Parewe from 2019 to 2022 has increased significantly where the percentage level of damage in 2019 is 0.270833333% while the percentage level of damage in 2022 is 36.9375% while from the results of the model analysis it is known that temperature and humidity greatly affect the rate of damage to ancient paintings in leang Parewe with the highest Pearson correlation value of 0.9989 for weather data in the cave and 0.8801 for weather data outside the cave.

Keywords: Temperature and Humidity, Painting Damage, Multiple Linear Regression, Pearson Correlation, Leang Parewe

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim.

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunianya sehingga skripsi dengan judul **Pemodelan Kerusakan Lukisan Purbakala Akibat Cuaca di Leang Parewe Pangkajene dan Kepulauan** 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, **Hamka dan Dewi listiana** serta saudara saya **kak Candara dan Dede Aidah** 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 bapak **Dr. Samsu Arif, 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 **Arsyih Arjuna** sebagai teman kamar atas semua pertengkaran dan bantuan yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
9. Kepada teman kuliah praktek yaitu **Nurhuda Ningsi Hasan dan Suleha ismail** yang selalu membantu dan mendukung dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Kepada teman gabutku **Ita, Fatiha, Ismi, Haidir, Fausta, Cindy, Mei, Sindy, Sarni, Mawang, Maul, Dian, Haikal, Jinaan, Leha, Alif, Mulki, Nude, Nismul, Reika, Jack, Riman, Ikki** atas bantuan dalam menghindari segala macam pusing yang berdatangan.

11. Kepada Saudara(i) **Geofisika 19** dan **HMGF 19** yang selalu ada, terus menemani dan membantu selama kuliah.

12. 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

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
SARI BACAAN	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
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 Pegunungan Karst Maros Pangkep	4
II.2 Lukisan Purbakala	7
II.3 Kelembaban.....	17
II.4 Temperatur	18
II.5 Metode <i>Image Processing</i>	20
II.6 Metode <i>Multiple Regression</i> (MR)	22
II.7 Korelasi <i>Pearson</i>	24
II.8 <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
III.1 Lokasi Praktikum	27
III.2 Alat dan Bahan.....	27
III.2.1 Alat.....	27
III.2.2 Bahan	27
Data Citra Lukisan Prasejarah Leang Parewe	27

2	Temperatur	28
3	Kelembaban.....	28
III.3	Prosedur Penelitian	28
III.3.1	Tahap Persiapan dan Pengumpulan Data.....	28
III.3.2	Tahap Pengolahan Data	29
III.4	Bagan Alir Penelitian.....	30
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	31
IV.1	Hasil.....	31
IV.1.1	Nilai Pixel Kerusakan, Persentase Kerusakan dan Laju Kerusakan lukisan	31
IV.1.2	Hasil Pengolahan Data Cuaca Dalam Gua Dan Luar Gua	32
IV.1.3	Grafik Observasi Dan Modeling Kerusakan Gambar Leang Perewe Menggunakan Data Cuaca Dalam Gua Dari Tahun 2019-2022	33
IV.1.4	Grafik Observasi Dan Modeling Kerusakan Gambar Leang Perewe Menggunakan Data Cuaca Luar Gua Dari Tahun 2019-2022	34
IV.2	Pembahasan	35
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	36
V.1	Kesimpulan	36
V.2	Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Kawasan Karts Maros-pangkep (Suhartono et al., 2008)	4
Gambar 2. 2 Perbukitan Gamping Maros tinggi, disebut Menara Karst Tower Karst (Permana et al., 2018).....	5
Gambar 2. 3 Lukisan Babi dan cap telapak Tangannya (Permana et al., 2018)	8
Gambar 2. 4 Lukisan dengan adegan anoa terjat tali pemburu (Yusriana et al., 2020)	9
Gambar 2.5 Pertumbuhan algae yang intensif disebabkan oleh kelembaban dan rembesan air tanah (Mulyawan et al., 2011).....	18
Gambar 2.6 Lingkungan di luar gua pettae (Suhartono et al., 2008)	19
Gambar 2. 7 Komposisi Warna RGB (Rika, 2013)	21
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian	27
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian.....	30
Gambar 4.1 Grafik observasi dan modeling kerusakan gambar leang Parewe menggunakan data cuaca dalam gua dari tahun 2019-2022	33
Gambar 4.2 Grafik observasi dan modeling kerusakan gambar leang Parewe menggunakan data cuaca dalam gua dari tahun 2019-2022	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persebaran Gua Prasejarah Kecamatan Simbang.....	11
Tabel 2.2 Persebaran Gua Prasejarah Kecamatan Bantimurung.....	11
Tabel 2.3 Persebaran Gua Prasejarah Kecamatan Lebakkan	13
Tabel 2.4 Persebaran Gua Prasejarah Kecamatan Pangkajene.....	14
Tabel 2.5 Persebaran Gua Prasejarah Kecamatan Bungoro	15
Tabel 2.6 Persebaran Gua Prasejarah Kecamatan Balocci.....	16
Tabel 2.7 Interpretasi dari Nilai R positif (hubungan searah)	25
Tabel 2.8 Interpretasi dari Nilai R negatif (hubungan berlawanan).....	26
Tabel 4.1 Nilai persentase kerusakan lukisan	31
Tabel 4.2 Nilai prediktor (Temperatur dan kelembaban) dalam gua	32
Tabel 4.3 Nilai prediktor (Temperatur dan kelembaban) luar gua.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Perhitungan Data Cuaca Dalam Gua	39
Lampiran 2 Data Hasil Perhitungan Data Cuaca Luar Gua	40
Lampiran 3 Hasil Pengolahan Matlab cuaca dalam Gua	41
Lampiran 4 Hasil Pengolahan Matlab cuaca luar Gua	46
Lampiran 5 Hasil Perhitungan Pixel	51
Lampiran 6 Data Poligon	56

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kawasan *Karst* Maros-Pangkep secara administratif masuk dalam wilayah Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan. Kawasan ini telah ditetapkan menjadi Geopark maros-pangkep yaitu sebuah Kawasan yang di dalamnya memiliki keunikan geologi (*outstanding geologi*), yaitu nilai arkeologi, ekologi, dan budaya dengan mengikut sertakan masyarakat setempat untuk berperan dalam melindungi dan meningkatkan fungsi warisan alam. Ciri khas dari kawasan karst ini yaitu bentuk karstnya yang berupa menara atau dalam istilah geologis disebut *tower karst*. Gugusan karstnya membentang dari Kabupaten Maros sampai Kabupaten Pangkep bahkan sampai Kabupaten Barru, sehingga disebut dengan nama kawasan karst Maros-Pangkep (Suhartono, 2012). Di kawasan pegunungan kapur (*karst*) terdapat gua-gua yang pada masa prasejarah dihuni oleh manusia. Terpilih gua sebagai tempat bermukim manusia tidak terlepas dari tersedianya sumberdaya alam yang terdapat pada lingkungan sekitar gua. Selain sebagai tempat tinggal, dinding-dinding gua digunakan sebagai media untuk mengekspresikan pengalaman, perjuangan dan harapan hidup manusia dalam bentuk lukisan gua (Suhartono et al., 2008).

Lukisan gua pada masa prasejarah merupakan salah satu hasil kebudayaan manusia prasejarah yang hidup pada masa berburu dan mengumpulkan makanan, sejak masa prasejarah, manusia telah menunjukkan kreasinya dalam menghadapi lingkungan alam dan sekitarnya dalam kaitannya untuk memenuhi segala kebutuhan hidupnya. Manusia prasejarah meninggalkan sisa kebudayaan dalam bentuk artefak dan non-

artefak, namun selain itu mereka juga mewariskan karya seni berupa lukisan yang di terangkan pada dinding langit-langit gua mereka tinggal untuk mencitrakan bagian-bagian penting dari kehidupan mereka. Seni lukis merupakan salah satu ungkapan, pengalaman, perjuangan harapan hidup dan religius terhadap kekuatan roh nenek moyang dan kekuatan sekitar yang terinspirasi dari cara hidup yang bergantung pada lingkungan sekitarnya. Lukisan prasejarah pada gua sering dikaitkan dengan aspek kesenian, sehingga dianggap pula sebagai cikal bakal seni lukis yang memiliki makna bersifat komunikatif dan inovatif. Selama tinggal di gua, selain mengerjakan alat-alat, juga mereka menggambar dinding gua sehingga karya seni seperti ini sering disebut sebagai seni cadas (*rock art*) yang menunjukkan aktifitas berburu dan mengumpulkan makanan (Somba, 2011).

Keberadaan tinggalan purbakala di gua-gua prasejarah tersebut, khususnya yang berupa lukisan gua makin lama kondisinya makin 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/alam sekitarnya. Faktor cuaca dan iklim merupakan pengaruh yang dominan terhadap kerusakan dan pelapukan dinding gua dan lukisannya yang selanjutnya dapat menjadi ancaman bagi keselamatan dan keberadaan lukisan tersebut (Suhartono, 2012).

Oleh karna itu untuk menghidari 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 Parewe Pangkajene dan Kepulauan 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 parewe dengan *image procecing* yang terjadi antara tahun 2019 sampai 2022?
2. Bagaimana analisis R (korelasi) antara temperatur dan kelembaban yang dapat mempengaruhi kerusakan lukisan purbakala leang Parewe yang terjadi pada tahun 2019 samapi 2022?

I.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

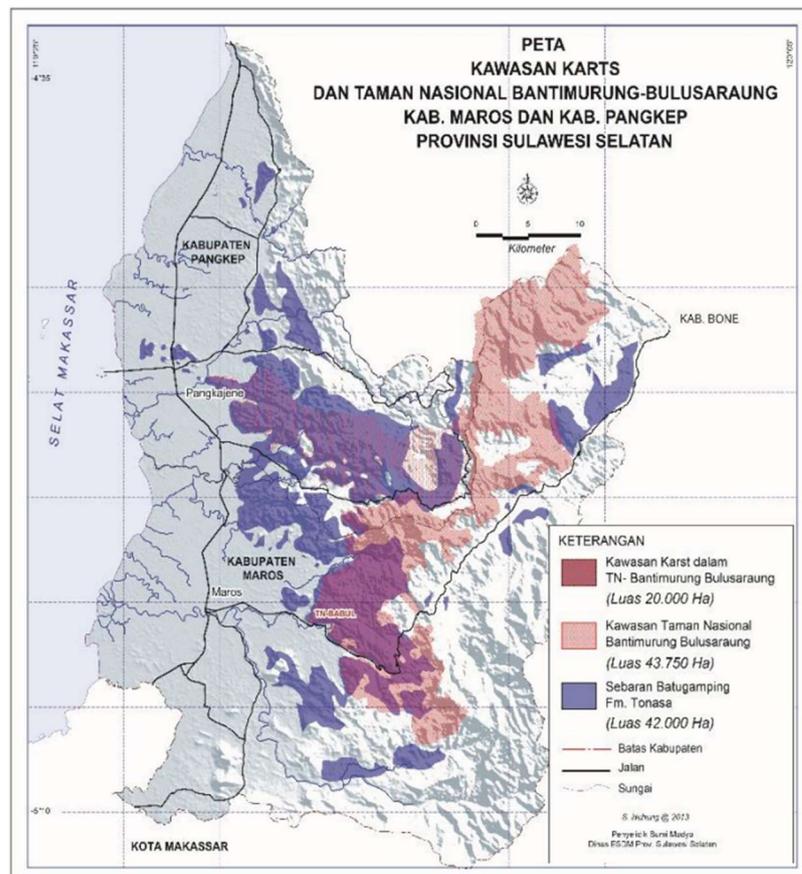
1. Mengetahui jumlah presentase kerusakan lukisan purbakala leang Parewe dengan metode *image procecing* yang terjadi antara tahun 2019 sampai 2022.
2. Menganalisis R (korelasi) antara data temperatur dan kelembaban yang dapat mempengaruhi kerusakan lukisan purbakala leang Parewe yang terjadi pada tahun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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

I.1 Pegunungan Karts Maros-Pangkep

Negara Indonesia adalah salah satu negara kaya akan sumberdaya alam maupun sumberdaya budaya yang bisa digunakan untuk kemajuan dan kesejahteraan rakyat. Kekayaan sumber daya budaya dapat berupa fisik maupun non fisik. Salah satu kekayaan tersebut adalah sumberdaya arkeologi peninggalan yang tersebar di seluruh Indonesia. Salah satu kawasan yang memiliki banyak sumberdaya arkeologi adalah kawasan pegunungan karst Maros dan Pangkep yang terdapat gua-gua yang pada masa prasejarah dihuni oleh manusia (Suhartono et al., 2008).



Gambar 2.1 Peta Kawasan Karts Maros-pangkep (Suhartono et al., 2008).

Karst (bahasa Inggris : karst, bahasa Italia : carso, bahasa Slovenia : karst) adalah nama suatu daerah di timur laut kota Trieste, Slovenia. Kekhasan bentang alamnya, (peneliti bernama Cvijic, geologi awan abad 19) yang meneliti daerah itu mengabadikan dengan istilah karst. Karst diartikan sebagai bentuk bentang khas yang berkembang di suatu kawasan batuan karbonat atau batuan lain yang mudah larut dan telah mengalami proses karstifikasi sampai pada kondisi tertentu. Kekhasan ini antara lain dapat dilihat dari fenomena yang ada di permukaan (*exokarst*) dan di bawah permukaan (*indokarst*) (Suhartono et al., 2008).

Indonesia memiliki bentang alam karst sekitar 154.000 km² atau sekitar 0.08% dari luas daratan Indonesia. Sulawesi Selatan memiliki kawasan karst yang tersebar di beberapa wilayah kabupatennya. Namun yang paling terkenal adalah kawasan karst yang terletak di Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkep. Kawasan Karst Maros-Pangkep merupakan yang terbesar dan terindah kedua di dunia setelah kawasan karst di Cina (Achmad & Hamzah, 2016).



Gambar 2.2 Perbukitan Gamping Maros tinggi, disebut Menara Karst Tower
Karst (Permana et al., 2018).

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*. Gugusan karstnya membentang dari Kabupaten Maros sampai Kabupaten Pangkep bahkan sampai Kabupaten Barru, sehingga disebut dengan nama kawasan karst Maros-Pangkep (Permana et al., 2018).

Morfologi karst diartikan sebagai bentuk bentang alam karst (*karst landscape*) yang berkembang pada suatu kawasan/formasi batuan karbonat (batu gamping dan dolomit) yang telah mengalami proses karstifikasi atau peleburan sampai batas tertentu. Kekhasannya dapat dibedakan antara fenomena di atas permukaan (*exokarst*) dan fenomena bawah permukaan (*endokarst*). *Exokarst* antara lain ditunjukkan dengan adanya menara atau kubah berbentuk kerucut (*karst tower*), lembah (*locus*), dan dolina (*polje*) sedangkan *endokarst* ditunjukkan dengan adanya gua (*rock/rock shelters*) dengan segala bentuk kelengkungan, bangku, lorong, sungai bawah tanah dan *stalaktit* dan *stalagmit* atau disebut *speleothem* (Permana et al., 2018).

Kawasan karst Maros-Pangkep. Umumnya dikenal sebagai kawasan yang memiliki potensi bahan galian tambang untuk bahan bangunan, marmer dan bahan baku semen. Kawasan Karst Maros Pangkep memiliki tipe *tower karst* sejenis di Cina Selatan & Vietnam (Samodra, 2001), Kawasan Karst Maros Pangkep selain dimanfaatkan sebagai bahan galian untuk bahan bangunan & bahan baku semen, dimanfaatkan nilai jasa lingkungannya (*environmental services*) seperti sumberdaya air, keanekaragaman hayati, keunikan bentang alam, obyek wisata

alam, situs arkeologi, dan areal peribadatan. Tetapi Kawasan pegunungan karst Maros-Pangkep mempunyai nilai sejarah yang sangat tinggi. Pada kawasan tersebut dijumpai sebaran gua-gua yang didalamnya terdapat gambar lukisan prasejarah pada dindingnya, alat batu, kereweng, manik-manik, maupun sisa manusia-manusia purbakala (Permana et al., 2018).

II.2 Lukisan Purbakala

Kawasan karst di Maros-Pangkep, selalu diidentikkan dengan hasil tambang, sementara banyak yang tidak mengetahui bahwa 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 (Duli et al., 2019).

Gua merupakan tempat hidup bagi manusia prasejarah, mereka memilih gua karena gua dianggap tempat yang paling cocok untuk menghindari serangan dari binatang-binatang buas yang ada di luar (alam bebas). Gua menjadi tempat menciptakan tatanan masyarakat pada zaman prasejarah, menciptakan budayanya dan juga sebagai tempat terciptanya komunikasi sosial antara mereka. Hal ini dapat dilihat dari beberapa peninggalan yang ditemukan didalam gua yang tersebar dimanca Negara, seperti di Spanyol, Afrika dan Australia. Peninggalan yang paling muda ditemui berupa bekas hasil dapur yang telah menyatu dan menjadi batu, dan juga tentunya sebuah lukisan yang berbentuk tangan dan berbentuk hewan, dapat dikatakan bahwa lukisan gua tersebut sebagai bentuk seni pertama yang telah

diciptakan oleh manusia. Lukisan prasejarah juga telah menjadi peninggalan yang ada di gua-gua Indonesia, persebaran lukisan prasejarah tersebut tersebar di berbagai daerah seperti di Kepulauan Maluku, Papua, Kalimantan, dan Sulawesi Selatan (Gazali, 2017). Selain sebagai tempat tinggal, dinding-dinding gua digunakan sebagai media untuk mengekspresikan pengalaman, perjuangan dan harapan hidup manusia dalam bentuk lukisan gua (Suhartono, 2012)



Gambar 2.3 Lukisan Babi dan cap telapak Tangannya (Permana et al., 2018).

Lukisan gua pada masa prasejarah merupakan salah satu hasil kebudayaan manusia masa prasejarah yang hidup pada masa berburu dan mengumpulkan makanan. Sejak masa prasejarah manusia telah menunjukkan kreasinya dalam menghadapi lingkungan alam dan sekitarnya dalam kaitannya untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Manusia prasejarah meninggalkan sisa kebudayaan dalam bentuk artefak dan non-artefak, namun selain itu mereka juga mewariskan karya seni berupa lukisan yang di terangkan pada dinding, langit-langit gua dimana mereka mencitrakan bagian-bagian penting dari kehidupan mereka (Somba, 2011).

Gambar gua dapat dikatakan bersifat universal karena terdapat hampir di seluruh dunia, seperti Eropa, Afrika, Asia, dan Australia. Salah satu jenis manusia purba yang mengawali kehidupan di gua adalah manusia Neanderthal yang lahir di Eropa sekitar 100.000 tahun yang lalu. Gambar gua ini kemudian lebih berkembang pada kira-kira 40.000 tahun yang lalu dengan munculnya manusia Cro-magnon, juga di Eropa, khususnya di Prancis (gua Lascaux) dan Spanyol (gua Altamira). Jenis manusia ini dianggap sebagai manusia seniman yang pertama di dunia, sebab memiliki kemampuan untuk mencurahkan rasa seninya melalui bentuk gambar, goresan, dan pahatan yang diterakan pada dinding gua (Purnama, 2005). Terdapat deretan lukisan salah satu contoh lukisan anoa, babirusa, cap tangan dan cap kaki tampak seperti sedang dijerat oleh tali pemburu yang dikitari 4 ekor anjing. Lukisan manusia dengan anjing berukuran sangat kecil dan sudah tampak pudar. Lukisan anoa yang satu sudah tidak utuh, tersisa bagian kepala (Yusriana et al., 2020).



Gambar 2.4 Lukisan dengan adegan anoa terjerat tali pemburu (Yusriana et al., 2020).

Di Indonesia, hasil budaya berupa gambar gua ini dijumpai di Irian (Papua), Maluku, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi, dan Kalimantan. Keberadaan gambar gua di Indonesia pertama kali dilaporkan pertama kali oleh J. van Oldenborgh pada tahun 1882 tentang gambar gua di Teluk Berau, Irian. Penelitian ini kemudian diikuti laporan dari D.F. van Braam Moris tahun 1884 dan E. Metzger tahun 1885. Namun, laporan yang lebih terinci tentang temuan gambar-gambar gua di daerah ini baru ditulis oleh J. Röder yang mengikuti ekspedisi Frobenius tahun 1937-1938 dan diterbitkan pada tahun 1959 (Purnama, 2005).

Khusus penelitian gambar gua di Sulawesi pertama kalinya dilakukan oleh dua bersaudara Paul dan Fritz Sarasin tahun 1902-1903 di Sulawesi Selatan, kemudian diikuti oleh P.V. van Stein Callenfels tahun 1933, C.H.M.Heern-Palm dan H.R. van Heekeren tahun 1950, C.J.H. Franssen tahun 1958, Mulvaney dan R.P. Soejono tahun 1970, dan R.P Soejono tahun 1977. Sementara itu, penelitian gambar-gambar lukisan gua lain di Sulawesi dilakukan di Sulawesi Tenggara oleh E.A. Kosasih sejak tahun 1978. Penelitian mengenai gua dan lukisan di kedua daerah ini kemudian dilanjutkan oleh pusat penelitian arkeologi nasional tahun 1991, 1994, 1995 dan 1996 (Purnama, 2005).

Kajian arkeologi yang telah dilakukan di kawasan Maros-Pangkep semakin memperkuat pentingnya gua prasejarah, 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).

Pada saat sekarang bagian barat wilayah tersebut merupakan pusat kegiatan masyarakat, berupa persawahan dan tambak. Daerah pegunungan terjal pada bagian timur terbagi atas perbukitan karst dan daerah pegunungan vulkanik Gua-gua prasejarah Kabupaten Maros terletak dalam kawasan seluas 70 km², yang terbagi dalam dua wilayah kecamatan, yaitu kecamatan Bantimurung sebanyak 22 gua dan Kecamatan Simbang (Linda, 2005), yang diuraikan sebagai berikut (Duli et al., 2019).

Tabel 2.1 Persebaran Gua Prasejarah Kecamatan Simbang

NO.	Nama Gua	Desa	Dusun	Letak Astronomis
1	Sarioa	Semanggi	Pattunuang	05° 03' 32'' LS dan 119° 42' 09'' BT
2.	Karassa	Semanggi	Pattunuang	05° 03' 42'' LS dan 119° 42' 26'' BT
3.	Jari'E	Semanggi	Pattunuang	05° 00' 52'' LS dan 119° 41' 34'' BT
4.	Tampuang	Semanggi	Pattunuang	05° 00' 54'' LS dan 119° 41' 09'' BT
5.	Pattumuang	Semanggi	Pattunuang	05° 01' 53'' LS dan 119° 41' 28'' BT

Tabel 2.2 Persebaran Gua Prasejarah Kecamatan Bantimurung

NO	Nama Gua	Desa	Dusun	Letak Astronomis
----	----------	------	-------	------------------

1	Petta"E	Leang-leang	Panaikang	04° 58' 24" LS dan 119° 40' 52" BT
2.	Petta Kere	Leang-leang	Panaikang	04° 58" 45" LS dan 119° 40' 22" BT
3	Tinggia	Leang-leang	Panaikang	04° 58' . 52" LS dan 119° 40' 48" BT
4.	Baratedong	Leang-leang	Panaikang	04° 58' 49" LS dan 119° 41' 08" BT
5.	Ulu Leang	Leang-leang	Tompo Balang	04° 59' 29" LS dan 119° 40' 06" BT
6.	Bettue	Leang-leang	Tompo Balang	04° 59' 21" LS dan 119° 40' 06" BT
7.	Lamnatorang	Leang-leang	Lambatorang	04° 58' 04" LS dan 119° 40' 11" BT
8.	Tenggae	Leang-leang	Lambatorang	04° 57' 20" LS dan 119° 39' 50" BT
9	Samungkeng	Leang-leang	Samungkeng	04° 58' 14" LS dan 119° 39' 30" BT
10.	Ambo Pacco	Kalabbirang	Tompo Balang	04° 58' 20" LS dan 119° 41' 45" BT
11.	Timpuseng	Kalabbirang	Tompo Balang	04° 59' 34" LS dan 119° 39' 57" BT
12.	Sampeang	Kalabbirang	Tompo Balang	04° 59' 58" LS dan 119° 39' 52" BT
13.	Uluwae	Kalabbirang	Lopi-lopi	04° 59' 18" LS dan 119° 40' 05" BT
14..	Pajae	Kalabbirang	Lopi-lopi	04° 59' 12" LS dan 119° 40' 24" BT
15.	Jin	Kalabbirang	Lopi-lopi	04° 59' 30" LS dan 119° 38' 36" BT

16.	Burung	Kalabbirang	Pakalu	04° 00' 40'' LS dan 119° 39' 10'' BT
17.	Bembe	Kalabbirang	Pakalu	04° 59' 15'' LS dan 119° 39' 58'' BT
18.	Batu Karope	Kalabbirang	Pakalu	04° 59' 43'' LS dan 119° 39' 45'' BT
19.	Barugayya	Kalabbirang	Pakalu	04° 59' 42'' LS dan 119° 39' 24'' BT
20.	Bulu Sipong	Bontolempangan	Pakalu	04° 53' 36'' LS dan 119° 36' 46'' BT
21.	Pakulu	Bontolempangan	Pakalu	04° 53' 50'' LS dan 119° 36' 24'' BT
22.	Samalери	Bontolempangan	Pakalu	04° 53' 51'' LS dan 119° 36' 40'' BT
23.	Wanuwae	Bungaeja	Panaikang,	04° 57' 58,2'' LS dan 119° 40' 54,3''. BT

Situs-situs di daerah Pangkep tersebar di kaki gugusan pegunungan kapur yang membentang di sebelah timur ibu kota Kabupaten Pangkep. Berdasarkan hasil pendataan tahun 2003 yang dilakukan oleh pemerintah Kabupaten Pangkep diketahui bahwa gua-gua tersebut tercakup dalam empat wilayah kecamatan yang berbeda, yaitu 5 gua di kecamatan Labakkeng, 8 gua di Kecamatan Bungoro, 22 gua di Kecamatan Pangkajene, dan 2 gua di Kecamatan Balocci, yang dapat diuraikan sebagai berikut (Suhartono et al., 2008).

Tabel 2.3 Persebaran Gua Prasejarah Kecamatan Lebakkan

NO	Nama Gua	Desa	Letak Astronomis
1	Pamelakang Tedong	Pundata Baji	04° 47' 54'' LS dan 119° 31' 18'' BT
2.	Lasitae	Pundata Baji	04° 47' 42'' LS dan 119° 42' 26'' BT

3.	Pabjjagbujangang	Pundata Baji	04° 47' 50'' LS dan 119° 31' 37'' BT
4.	Bala Suji	Siloro	04° 46' 48'' LS dan 119° 36' 48'' BT
5.	Bulu Ballang	Siloro	04° 46' 49'' LS dan 119° 36' 47'' BT

Tabel 2.4 Persebaran Gua Prasejarah Kecamatan Pangkajene

NO	Nama Gua	Desa	Letak Astronomis
1	Bubuka	Biraeng	04° 49' 50'' LS dan 119° 35' 15'' BT
2.	Cadi'a	Biraeng	04° 49' 54'' LS dan 119° 35' 04'' BT
3	Buto	Biraeng	04° 50' 03'' LS dan 119° 35' 18'' BT
4.	Tinggia	Biraeng	04° 49' 48'' LS dan 119° 35' 12'' BT
5.	Lompoa	Biraeng	04° 50' 08'' LS dan 119° 35' 35'' BT
6.	Lesang	Biraeng	04° 49' 50'' LS dan 119° 34' 57'' BT
7.	Kajuara	Biraeng	04° 50' 12'' LS dan 119° 35' 47'' BT
8.	Patenunggang	Biraeng	04° 50' 13'' LS dan 119° 35' 48'' BT
9	Jempang	Biraeng	04° 50' 09'' LS dan 119° 35' 35'' BT
10.	Tana Rajae	Biraeng	04° 50' 15'' LS dan 119° 35' 48'' BT
11.	Sakapao	Biraeng	04° 50' 03'' LS dan 119° 36' 06'' BT

12.	Bujung	Biraeng	04° 50' 24'' LS dan 119° 36' 00'' BT
13.	Bujung II	Biraeng	04° 50' 24'' LS dan 119° 36' 01'' BT
14	Bayya	Biraeng	04° 50' 26'' LS dan 119° 35' 58'' BT
15	Bulo Ri.ba	Biraeng	04° 50' 30'' LS dan 119° 35' 40'' BT
16	Cammingkana	Biraeng	04° 50' 31'' LS dan 119° 35' 36'' BT
17	Ujung Bulu	Biraeng	04° 50' 36'' LS dan 119° 35' 43'' BT
18.	Ujung Bulu II	Biraeng	04° 50' 37'' LS dan 119° 35' 42'' BT
19	Batang Lamara	Biraeng	04° 50' 56'' LS dan 119° 35' 44'' BT
20.	Sapiria	Biraeng	04° 50' 56'' LS dan 119° 35' 50'' BT
21	Sa,sang	Biraeng	04° 50' 48'' LS dan 119° 35' 42'' BT
22	Kassi	Biraeng	04° 50' 10'' LS dan 119° 35' 39'' BT

Tabel 2.5 Persebaran Gua Prasejarah Kecamatan Bungoro

NO	Naa Gua	Desa	Letak Astronomis
1	Garunggung	Limbua	04° 48' 24'' LS dan 119° 36' 42'' BT
2.	Mattampa	Limbua	04° 48' 20'' LS dan 119° 36' 53'' BT

3.	Cumi'lantang	Limbua	04° 48' 48'' LS dan 119° 36' 58'' BT
4.	Saluka	Limbua	04° 48' 58'' LS dan 119° 36' 47'' BT
5.	Macinna	Limbua	04° 48' 12'' LS dan 119° 36' 48'' BT
6.	Bulo	Limbua	04° 48' 35'' LS dan 119° 36' 52'' BT
7.	Ajung	Limbua	04° 48' 36'' LS dan 119° 36' 50'' BT
8.	Parewa	Limbua	04° 48' 32'' LS dan 119° 36' 49'' BT

Tabel 2.6 Persebaran Gua Prasejarah Kecamatan Balocci

NO	Naa Gua	Desa	Letak Astronomis
1	Bulu Sumi	Balocci Baru	04° 54' 58'' LS dan 119° 38' 57'' BT
2.	Sumpang Bitu	Balocci Baru	04° 48' 20'' LS dan 119° 38' 57'' BT

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 mulai memudar terutama lukisan yang terletak di bagian dinding depan mulut gua (Suhartono, 2012).

Pada tahun 2007 Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala (BP3) Makassar telah melakukan pemintakatan dalam upaya pengaturan perlindungan, pemanfaatan dan

pengembangan gua-gua prasejarah. Tahun 2008 hingga 2009 kajian terhadap lukisan gua dilakukan oleh Balai Konservasi Borobudur. Pada 2012, publikasi oleh Suhartono atas kajian faktor-faktor kerusakan yang terjadi terhadap beberapa lukisan gua prasejarah yang berada di Kawasan Maros dan Pangkep. Hasil kajiannya menyimpulkan bahwa dalam memperlambat proses kerusakan gua, perlu dilakukan pertimbangan konsolidasi lukisan gua, penanganan terhadap mikroorganisme, perlu mempertimbangkan penutupan total terhadap gua yang memiliki lukisan beragam dengan mengontrol kelembaban dan suhu, penyuluhan dan sosialisasi terhadap masyarakat, komunikasi dengan pihak terkait seperti pabrik semen dan segera menyusun Rencana Induk Pelestarian (Yusriana et al., 2020).

Untuk mengetahui perubahan lingkungan yang terjadi pada lingkungan sekitar gua prasejarah di Maros dan Pangkep, perlu dilakukan monitoring lingkungan secara rutin untuk mengetahui kondisi lingkungan di sekitar gua, sehingga jika dapat diketahui jika ada perubahan lingkungan yang mengancam kelestarian lukisan gua (Achmad & Hamzah, 2016)

III.3 kelembaban

Fluktuasi suhu tersebut mengakibatkan tingkat kelembaban yang terjadi di Kompleks Gua Prasejarah semakin tinggi yaitu rata-rata berkisar antara 35 - 80 %. 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 (Favoria Gusa Rika, 2013).



Gambar 2.5 Pertumbuhan algae yang intensif disebabkan oleh kelembaban dan rembesan air tanah (Mulyawan et al., 2011).

Lukisan yang ada di gua ini juga mengalami perubahan warna menjadi hitam karena ditumbuhi algae dan jamur sehingga hal ini kerap mengaburkan warna lukisan yang awalnya merah menjadi hitam. Pertumbuhan Algae dipicu oleh kelembaban gua (Yusriana et al., 2020).

III.4 Temperatur

Kerusakan lukisan 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 yang terdapat pada kulit batuan yang terkelupas tersebut (Suhartono, 2012).



Gambar 2.6 Lingkungan di luar gua pettae (Suhartono et al., 2008).

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 (Suhartono, 2012).

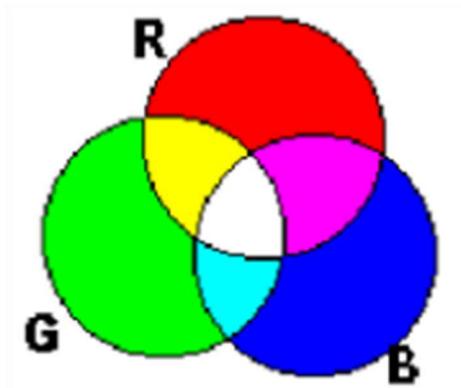
II. 5 Metode Image Prosesing

Dengan kemajuan ilmu teknologi pengolahan citra digital (*Digital Image Processing*) yang semakin pesat, maka dapat mempermudah kehidupan manusia, dan dewasa ini banyak aplikasi yang dapat menerapkannya, dalam berbagai bidang (Mulyawan et al., 2011). Pengolahan citra digital (*digital image processing*) adalah manipulasi dan interpretasi dari citra dengan bantuan computer (Situmorang, 2018). Pengolahan citra atau *Image Processing* adalah suatu sistem dimana proses dilakukan dengan masukan (*input*) berupa citra (*image*) dan hasilnya (*output*) juga berupa 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 komputer, serta munculnya ilmu-ilmu komputer yang memungkinkan manusia dapat mengambil informasi dari suatu citra (Mulyawan et al., 2011).

Secara harfiah citra (*image*) adalah gambar pada bidang dwimatra atau dua dimensi. Citra juga dapat diartikan sebagai kumpulan titik-titik dengan intensitas warna tertentu yang membentuk suatu kesatuan dan mempunyai pengertian artistik. Citra sebagai salah satu komponen multimedia yang memegang peranan sangat penting sebagai salah satu bentuk informasi visual. Sebuah citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks yaitu citra kaya dengan informasi karena dapat

menyampaikan informasi yang imajinatif (dapat dihayalkan) Berdasarkan nilai pikselnya, citra digital dapat dikelompokkan ke dalam tiga jenis citra, yaitu (Rika, 2013):

1. Citra warna sering disebut juga citra RGB atau *citra true color* karena dapat merepresentasikan warna objek menyerupai warna aslinya dengan mengkombinasikan ketiga warna dasar yaitu *red* (R), *green* (G) dan *blue* (B). Tiap piksel memiliki tiga nilai kanal yang mewakili tiap komponen warna dasar citra (Rika, 2013).



Gambar 2.7 Komposisi Warna RGB (Rika, 2013).

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 (Rika, 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) (Rika, 2013).

II.8 Model *Multiple Regression* (MR)

Regresi linier adalah metode statistika yang digunakan untuk membentuk model hubungan antara variabel terikat (dependen; respon; Y) dengan satu atau lebih variabel bebas (independen, prediktor, X). Apabila banyaknya variabel bebas hanya ada satu, disebut sebagai regresi linier sederhana, sedangkan apabila terdapat lebih dari 1 variabel bebas, disebut sebagai regresi linier berganda (Budiwati et al., 2010).

Analisis regresi setidak-tidaknya memiliki tiga kegunaan, yaitu :

1. Untuk tujuan deskripsi dari fenomena data atau kasus yang sedang diteliti, regresi mampu mendeskripsikan fenomena data melalui terbentuknya suatu model hubungan yang bersifat numerik;
2. Untuk tujuan kontrol, regresi juga dapat digunakan untuk melakukan pengendalian (*control*) terhadap suatu kasus atau hal-hal yang sedang diamati melalui penggunaan model regresi yang diperoleh;
3. Sebagai prediksi, model regresi juga dapat dimanfaatkan untuk melakukan prediksi variabel terikat.

Regresi berganda adalah perpanjangan dari regresi linier sederhana. Ini digunakan ketika kita ingin memprediksi nilai suatu variabel berdasarkan pada nilai dua atau lebih variabel lainnya. Variabel yang ingin kita prediksi disebut variabel dependen (atau kadang-kadang, hasil, target atau variabel kriteria). Variabel yang kami gunakan untuk memprediksi nilai variabel dependen disebut variabel independen

(atau kadang-kadang, variabel prediktor, penjelas, atau regresi) (Budiwati et al., 2010).

Dalam model regresi, variabel independen menjelaskan variabel dependen. Dalam analisis regresi sederhana, hubungan antar variabel bersifat linier, dimana perubahan pada variabel X akan diikuti oleh perubahan pada variabel Y secara permanen. Sedangkan dalam hubungan non linear, perubahan variabel X tidak diikuti oleh perubahan variabel Y secara proporsional, seperti pada model kuadrat, perubahan x diikuti oleh kuadrat dari variabel X. Hubungan seperti itu tidak linier. Penyelesaian materi dalam regresi berganda dapat ditangani secara sistematis melalui proses penyelesaian dengan aturan matriks. Analisis regresi berganda lebih dari dua variabel bebas X lebih mudah diselesaikan dengan metode matriks (Kurniawan, 2018).

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

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_nX_n \dots \dots \dots (2.1)$$

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):

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum X_1}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\sum X_2}{n} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$b_1 = \frac{(\sum X_2^2)(\sum X_1 Y) - (\sum X_1 X_2)(\sum X_2 Y)}{(\sum X_1^2)(\sum X_2^2) - (\sum X_1 X_2)^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$b_2 = \frac{(\sum X_1^2)(\sum X_2 Y) - (\sum X_1 X_2)(\sum X_1 Y)}{(\sum X_1^2)(\sum X_2^2) - (\sum X_1 X_2)^2} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$a = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2 \dots\dots\dots(2.7)$$

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.9 Korelasi Pearson

Koefisien korelasi (r) digunakan untuk mengetahui kuat atau tidaknya hubungan antara variabel-variabel bebas dan variabel tidak bebas. Nilai koefisien korelasi berada antara 1 dan -1 (-1s rs 1). Variabel-variabel dikatakan memiliki korelasi yang kuat jika nilai koefisien korelasinya lebih besar dari 0,5 atau lebih kecil dari -0,5. Jika nilai koefisien korelasinya positif berarti kenaikan (penurunan) nilai variabel bebas pada umumnya diikuti oleh kenaikan (penurunan) nilai variabel tidak bebas, sedangkan jika nilai koefisien korelasinya negatif berarti kenaikan (penurunan) nilai variabel bebas pada umumnya diikuti oleh penurunan (kenaikan)

nilai variabel tidak bebas. Adapun rumus perhitungan untuk menentukan koefisien korelasi r antara variabel tidak bebas Y terhadap variabel bebas X ditunjukkan pada persamaan 2-1 dengan n jumlah data Koefisien korelasi dinyatakan dalam (Budiwati et al., 2010):

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{\{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2\} \{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2\}}} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan:

n = jumlah data

R = koefisien korelasi antara data observasi dan data prediksi

x_i = data observasi

y_i = data prediksi

Korelasi digunakan untuk menyatakan hubungan variabel satu terhadap variable yang lainnya yang dinyatakan dalam persen.

Tabel 2.7 Interpretasi dari Nilai R positif (hubungan searah) (Wilks, 2006).

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

Tabel 2.8 Interpretasi dari Nilai R negatif (hubungan berlawanan) (Wilks,2006)

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

II.8.2 *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 observasi dengan nilai hasil prediksi. Dapat di hitung dengan persamaan (Halide, 2009) :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan:

X_i = Data observasi

Y_i = Data prediksi

n_i = Jumlah data