

TESIS

**PENERAPAN METODE OBJEKTIF TIDAK LANGSUNG
UNTUK MENGENALI IDENTITAS WARNA
GAMBAR DINDING GUA PRASEJARAH
DI MAROS-PANGKEP, SULAWESI SELATAN**

***THE APPLICATION OF INDIRECT OBJECTIVE METHOD TO
RECOGNIZE THE COLOR OF PREHISTORIC CAVE ROCK ART
PANTING IN MAROS-PANGKEP SOUTH SULAWESI***

Disusun dan Diajukan oleh:

RUSTAN

F042181004



**PROGRAM STUDI MAGISTER ARKEOLOGI
PASCASARJANA FAKULTAS ILMU BUDAYA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

HALAMAN JUDUL

TESIS

**PENERAPAN METODE OBJEKTIF TIDAK LANGSUNG
UNTUK MENGENALI IDENTITAS WARNA
GAMBAR DINDING GUA PRASEJARAH
DI MAROS-PANGKEP, SULAWESI SELATAN**

***THE APPLICATION OF INDIRECT OBJECTIVE METHOD TO
RECOGNIZE THE COLOR OF PREHISTORIC CAVE ROCK ART
PANTING IN MAROS-PANGKEP SOUTH SULAWESI***

Sebagai Persyaratan untuk memperoleh Gelar Magister

Disusun dan diajukan oleh

Rustan

F042181004



Kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER ARKEOLOGI
PASCASARJANA FAKULTAS ILMU BUDAYA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**PENERAPAN METODE OBJEKTIF TIDAK LANGSUNG
UNTUK MENGENALI IDENTITAS WARNA
GAMBAR DINDING GUA PRASEJARAH
DI MAROS-PANGKEP, SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

**RUSTAN
F042181004**

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Arkeologi
Fakultas Ilmu Budaya Universitas Hasanuddin
pada tanggal 3 Februari 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

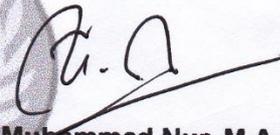
UNIVERSITAS HASANUDDIN
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



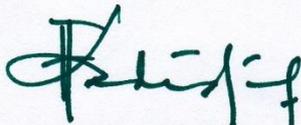
Prof. Dr. Akin Duli, M.A.
NIP. 196407161991031010

Pembimbing Pendamping,



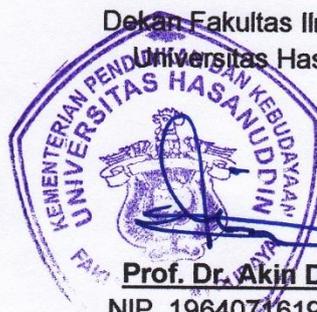
Dr. Muhammad Nur, M.A.
NIP. 197009112005021004

Ketua Program Studi
Magister Arkeologi



Dr. Khadijah Thahir Muda, M.Si.
NIP. 196511041999032011

Dekan Fakultas Ilmu Budaya
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Akin Duli, M.A.
NIP. 196407161991031010

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rustan
NIM : F042181004
Program Studi : Arkeologi
Jenjang : S2

Menyatakan dengan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

PENERAPAN METODE OBJEKTIF TIDAK LANGSUNG UNTUK MENGENALI IDENTITAS WARNA GAMBAR DINDING GUA PRASEJARAH DI MAROS-PANGKEP, SULAWESI SELATAN

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

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

Makassar, 3 Februari 2021

Yang membuat pernyataan



Rustan

PRAKATA

Alhamdulillah, tidak ada kata yang lebih pantas untuk membuka kalimat ini, karena penulis menyadari segala keterbatasan hanya dapat diatasi dengan kehendak dan perkenannya. Mengakhiri “tulisan” ini tidak semudah memulainya sebab semuanya adalah bagian dari proses yang terus berubah. Perubahan adalah persoalan sebenarnya dari penelitian ini, dan menyadari adanya perubahan itu sendiri terkadang lebih sulit. Konteksnya adalah pelestarian!

Gambar-gambar gua prasejarah merupakan objek budaya yang dilestarikan, mengalami perubahan yang seringkali diistilahkan dengan kerusakan dan pelapukan, warna adalah salah satunya. Mengetahui bahwa terjadi perubahan warna pada objek tersebut adalah hal yang lumrah dan umum diterima, tetapi bagaimana itu berubah menjadi persoalan tersendiri. Penelitian ini diawali dengan fenomena sulitnya untuk memastikan pada posisi seperti apa warna gambar berubah. Penulis menyodorkan satu prosedur yang memungkinkan dilakukan untuk mengenali warna gambar-gambar tersebut dengan tidak menyentuhnya. Dengan demikian, perubahan warna yang terjadi dapat dipantau secara terukur dan diharapkan kelak hasilnya dapat dimanfaatkan untuk upaya pengendaliannya.

Sebagai karya ilmiah, kesulitan utamanya terletak pada keterbatasan referensi akibat minimnya penelitian serupa yang pernah dilakukan. Selain itu, keterbatasan waktu dan tuntutan kewajiban sebagai pelajar dengan status izin belajar turut berkontribusi pada keterlambatan penyelesaian karya ini. Namun demikian, saya sebagai penulis merasa sangat beruntung berkesempatan untuk berinteraksi dengan berbagai pribadi yang menyenangkan, bersedia membuka kesempatan, berbagi pengetahuan, membantu proses, memahami ide, mengapresiasi usaha, mendorong dan menyemangati, meluangkan waktu mencermati segala kekurangan, dan selalu menawarkan solusi tepat pada waktunya.

Untuk itu, pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Akin Duli, M.A. selaku Dekan Fakultas Ilmu Budaya Universitas Hasanuddin, sekaligus bertindak sebagai Pembimbing I. Kepada Prof. Dr. Fathu Rahman, M.Hum, selaku Wakil Dekan Bidang Akademik, Riset, dan Inovasi Fakultas Ilmu Budaya Universitas Hasanuddin, yang selalu memiliki

segudang solusi untuk dibagikan kepada penulis, dan kepada Dr. Muhammad Nur, M.A. selaku Pembimbing II yang tidak menyerah memberikan pengarahan dan menerima segala keterbatasan saya hingga selesainya tulisan ini.

Penghargaan setinggi-tingginya kepada Dr. Khadijah Thahir Muda, M.Si., sebagai Ketua Program Studi Magister Arkeologi, dan seluruh dosen Program Studi Arkeologi Pascasarjana Fakultas Ilmu Budaya Universitas Hasanuddin Makassar; Prof. Dr. Abdul Rasyid Asba, M.A., Dr. Erni Erawati Lewa, M.Si., Dr. Hasanuddin, M.Hum., Dr. Andi Muhammad Akhmar M.Hum., Dr. Rosmawati, M.Si., Ilham Alimuddin, M.Gis., Ph.D., dan Frederick Mandey, M.Sc., Ph.D. Terima kasih telah menyediakan “ruang lapang” untuk membangun kesadaran berpikir penulis bersama pribadi-pribadi yang hebat.

Terima kasih kepada seluruh Staf Akademik Pascasarjana Fakultas Ilmu Budaya Universitas Hasanuddin, khususnya kepada Bapak Muchtar Jaya, S.T., Muhammad Ilham, dan Mullar, S.S., serta seluruh staf Sekolah Pascasarjana Fakultas Ilmu Budaya Universitas Hasanuddin. Proses penyelesaian tulisan ini tidak mudah tanpa bantuan mereka.

Kesempatan menempuh pendidikan ini tidak lepas dari kesempatan yang diberikan oleh Drs. Laode Muhammad Aksa, M.Hum. sebagai Kepala Balai Pelestarian Cagar Budaya Sulawesi Selatan, dimana penulis menjadi salah satu bagian dari institusi ini. Kepada beliau saya menghaturkan terima kasih. Demikian pula kepada seluruh rekan-rekan kerja di Balai Pelestarian Cagar Budaya Sulawesi Selatan yang seringkali harus menanggung beban lebih karena mengambil sebagian tanggungjawab yang seharusnya dibebankan kepada penulis.

Kepada orang tua, kakak, kawan, dan guru saya, Drs. Iwan Sumantri, M.A., M.Si., yang sejak dulu selalu mengajak dan mengajarkan cara melihat, berpikir, dan memaknai secara arkeologis terhadap sesuatu, terima kasih. Teman lamaku, Supriadi, S.S., M.A. yang selalu memahami saya dengan ketidaksepahamannya, Nur Ichsan D., S.S., M.Hum., dengan kritik-kritik tajamnya, Yadi Mulyadi, S.S., M.A. dengan segala dorongan semangatnya, serta Iswadi, S.S., M.A. dengan segala ide-ide kreatifnya. Mereka semua adalah teman diskusi yang baik.

Tim Lapanganku; Dewi Susanti, S.S., M.A., Andi Jusdi, S.S., Imran Ilyas, S.S., Andi Sebrahim, S.T., M.T., Yusriana, S.S., M.A., Achmad Abdul, Dedi

Darmadi, dan Anggi Purnamasari, S.S., M.Hum., mereka semua adalah orang-orang yang cerdas, kreatif, detail, presisi, dan tidak menyerah, telah menjadi cambuk bagi penulis untuk tetap merangsek maju. Terima kasih kawan-kawan!

Teman seperjuangan di Angkatan 2018; Sriwigati, S.S., Muhammad Tang, S.S., M.Hum., Abdullah, S.S., M.Hum., Hikmah Saska, S.S., Dwi Sumayyah, S.S., M.Hum., dan Nurul Adliyah Purnamasari, S.S., yang telah berkolaborasi menciptakan lingkungan kecil seperti keluarga. Tanpa dukungan dan pengorbanan mereka semua, penyelesaian tulisan ini pasti lebih sulit, terima kasih.

Buat keluargaku, Lebe dan Rawina, orang tua yang melahirkan, mendidik, dan membesarkan penulis, tetaplah hidup dalam jiwaku karena kata terima kasih tidaklah cukup! Saudara-saudaraku, Saifullah dan Halijah yang tidak pernah putus dukungan dalam segala hal, karena penulis tetaplah miskin pengalaman. Isteriku tercinta, Sri Rahayu, dengan segala kelapangan hatinya telah meringankan setiap langkahku. Anak-anakku tersayang, Ileben La Santaria Polelau dan Labiq Raesa Mammaselangi yang selalu menjadi cahaya, tetaplah ciptakan warna-warna baru yang tidak terbatas.

Demikian upaya kecil ini saya lakukan dengan niat manambah warna pada ruang pelestarian cagar budaya yang maha luas. Dengan segala ketidaksempurnaannya, tulisan ini mungkin tidak terlihat bagi sebagian orang, atau tampak samar dan berbeda, namun begitulah warna yang selalu menampilkan cahaya secara berbeda-beda. Allah SWT selalu melihat itu semua dan menempatkannya sesuai proporsinya.

Kutamakan janjiku padamu, meskipun terlambat!

Ibu...

Makassar, Februari 2021

Rustan

ABSTRAK

Rustan, “Penerapan Metode Objektif Tidak Langsung Untuk Mengenali Identitas Warna Gambar pada Dinding Gua Prasejarah di Maros-Pangkep, Sulawesi Selatan”, dibimbing oleh Akin Duli dan Muhammad Nur.

Metode objektif tidak langsung adalah cara mengenali (*to recognize*) warna secara digital tanpa melibatkan persepsi manusia dan tidak bersifat destruktif. Pada awalnya, metode ini diusulkan oleh Ruiz dan Pereira pada tahun 2014 tetapi belum aplikatif karena beberapa alasan teknis. Penelitian ini merupakan upaya penyempurnaan dari metode yang diusulkan oleh Ruiz dan Pereira. Dalam upaya pelestarian gambar prasejarah, kontribusi metode objektif tidak langsung terletak pada pengenalan identitas warna lukisan secara numerik. Informasi numerik tersebut diperlukan untuk upaya penanganan gambar prasejarah, seperti laju perubahan warna gambar, restorasi warna gambar atau reproduksi warna gambar.

Metode yang digunakan adalah pengidentifikasian warna pada tingkat pixel melalui foto digital yang direkam secara terkontrol dan terukur, dengan menggunakan program aplikasi komputer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prosedur metodologis di atas mampu mengenali identitas elemen dasar warna gambar secara detail dan akurat dalam bentuk angka (*numeric*). Prosedur identifikasi yang dilakukan tidak bersifat destruktif dan membuka peluang untuk pengevaluasian kondisi warna, dan penemuan terjadinya perubahan kecil, sepanjang prosedur ini dilakukan secara berulang dan konsisten.

Kata Kunci: *Gambar gua prasejarah, warna, numerik, identitas*

ABSTRACT

Rustan, "The Application of Indirect Objective Method to Recognize the Color of Prehistoric Cave Rock Art Painting in Maros-Pangkep, South Sulawesi", supervised by Akin Duli and Muhammad Nur.

Indirect Objective Method is a way to recognize colors digitally without involving human perception and non destructive. At first, Ruiz and Pereira offered this method in 2014. However, it was not applicable for some technical reason. This research try to improve the method offered by Ruiz and Pereira. In the effort of preserving the prehistoric rock art painting, this method lays on color identity recognition in numeric. Those numeric are needed in the effort of handling the rock art painting, such as color changing rate, image color restoration or image color reproduction.

The method is using color identification in pixel level through digital photograph which is recorded, under control and measure, with computer application. The research shows those procedures of the method were able to recognize basic identity of the color in details and accurately in numeric shape. Identification procedure is harmless and giving an opportunity to evaluate color condition. In addition, there is opportunity to find small changes, if the procedure undertake repeatedly and consistently.

Key words: rock art painting, colors, numeric, identity

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	III
PERNYATAAN KEASLIAN	II
PRAKATA	V
ABSTRAK	VIII
ABSTRACT.....	IX
DAFTAR ISI	X
DAFTAR TABEL	XI
DAFTAR GAMBAR	XIII
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	8
1.3. Tujuan Penelitian.....	14
1.4. Manfaat Penelitian.....	15
1.5. Kerangka Pikir	15
1.6. Metode Penelitian.....	21
1.6.1. Pemilihan dan Pengambilan Sampel.....	24
1.6.2. Pengolahan dan Analisis	27
1.6.3. Hasil dan Kontribusi	31
BAB II DATA SAMPEL.....	32
2.1. Kondisi Fisik Lingkungan Sampel	32
2.2. Pemilihan Lokasi Sampel	34
2.3. Jenis Sampel.....	36
2.4. Jumlah Sampel.....	37
2.5. Teknik dan Prosedur Pengambilan	39
2.6. Penyimpanan	44
BAB III ANALISIS DATA	45
3.1. Ruang Warna RGB	47
3.2. Ruang Warna CMYK	50
3.3. Ruang Warna Lab.....	53
3.4. Pengolahan.....	55
BAB IV PEMBAHASAN PROSEDUR IDENTIFIKASI	58
4.1. Pembahasan.....	58
4.1.1. Penentuan Objek Identifikasi	59
4.1.2. Pengukuran Posisi dan Koordinat.....	62
4.1.3. Pemotretan.....	63
4.1.4. Pengolahan	70
4.2. Hasil Penelitian	101
4.2.1. Identifikasi Ruang Warna RGB	101
4.2.2. Identifikasi Ruang Warna CMYK	106
4.2.3. Identifikasi Ruang Warna Lab.....	112
4.3. Interpretasi.....	118
BAB V PENUTUP	126
5.1. Kesimpulan	126
5.2. Rekomendasi	129
GLOSSARY	132
DAFTAR PUSTAKA.....	134
LAMPIRAN.....	138

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Spesimen Sampel Warna Gambar	39
Tabel 2 Posisi Sampel dan Titik Ukur Sampel di Leang Jing	40
Tabel 3 Posisi Sampel dan Titik Ukur Sampel di Leang Parewe	41
Tabel 4. Hubungan nilai warna antara Sistem RGB dan CMYK pada mode 8 bit	50
Tabel 5 Aspek pertimbangan dalam Pemilihan Sampel	60
Tabel 6 Jarak sampel ke BM terdekat (Leang Jing)	63
Tabel 7 Jarak sampel ke BM terdekat (Leang Parewe)	63
Tabel 8 Spesifikasi spesimen sample Leang Jing	67
Tabel 9 Spesifikasi spesimen sample Leang Parewe	68
Tabel 10 Koordinat dan nilai warna pixel gambar 15-18 (Sampel PWY-2: 2000)	75
Tabel 11 Koordinat dan nilai warna pixel gambar 19-22 (Sampel PWY-1: 3060 lux)	79
Tabel 12 Koordinat dan nilai warna pixel gambar 24-27 (Sampel PWB-1: 3150 lux)	83
Tabel 13 Koordinat dan nilai warna pixel gambar 28-31 (Sampel PWB-2: 2000 lux)	86
Tabel 14 Koordinat dan nilai warna pixel gambar 32-35 (Sampel PWB-3: 1000 lux)	89
Tabel 15 Koordinat dan nilai warna pixel gambar 37-40 (Sampel JDR: 310 lux)	92
Tabel 16 Koordinat dan nilai warna pixel gambar 42-45 (Sampel JLR: 310 lux)	96
Tabel 17 Koordinat dan nilai warna pixel gambar 47-50 (Sampel JW: 310 lux)	100
Tabel 18. Pembacaan 25 pixel Nilai RGB sampel pigmen kuning	102
Tabel 19. Pembacaan 25 pixel Nilai RGB sampel pigmen hitam	103
Tabel 20. Pembacaan 25 pixel Nilai RGB sampel pigmen merah gelap	104

Tabel 21. Pembacaan 25 pixel Nilai RGB sampel pigmen merah terang	105
Tabel 22. Pembacaan 25 pixel Nilai RGB sampel pigmen warna putih	105
Tabel 23. Pembacaan 25 pixel Nilai CMYK sampel pigmen kuning (PWY)..	107
Tabel 24. Pembacaan 25 pixel Nilai CMYK sampel pigmen hitam (PWB)	108
Tabel 25. Pembacaan 25 pixel Nilai CMYK sampel pigmen merah gelap (JDR).....	109
Tabel 26. Pembacaan 25 pixel Nilai CMYK sampel pigmen merah terang (JLR).....	110
Tabel 27. Pembacaan 25 pixel Nilai CMYK sampel pigmen putih (JW)	111
Tabel 28. Pembacaan 25 pixel Nilai Lab sampel pigmen kuning (PWY)	114
Tabel 29. Pembacaan 25 pixel Nilai Lab sampel pigmen hitam (PWB)	115
Tabel 30. Pembacaan 25 pixel Nilai Lab sampel pigmen merah gelap (JDR)	116
Tabel 31. Pembacaan 25 pixel Nilai Lab sampel pigmen merah terang (JLR)	117
Tabel 32. Pembacaan 25 pixel Nilai Lab sampel pigmen Putih (JW).....	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Ilustrasi terhadap satu obyek gambar dapat dipersepsikan berbeda bagi setiap pengamat	10
Gambar 2 Spektrum cahaya yang dapat ditangkap manusia	16
Gambar 3 Panjang dan rekuensi gelombang elektromagnetik tampak	18
Gambar 4 Skema alur kerja penelitian dengan Metode Objektif Tidak Langsung	30
Gambar 5 Jenis dan keletakan sampel pada panel gambar Leang Jing	38
Gambar 6 Jenis dan keletakan sampel gambar berpigmen hitam pada panel gambar Leang Parewe	38
Gambar 7 Jenis dan keletakan sampel gambar berpigmen kuning pada panel gambar Leang Parewe	38
Gambar 8 Tiga warna dasar dari sistem RGB dan proses pembentukan warna sekunder	48
Gambar 9 Tiga warna dasar dari sistem CMYK dan proses pembentukan warna sekunder	52
Gambar 10 Mekanisme identifikasi warna berdasarkan sistem CIELab (Lab) yang meniru sistem visual manusia	54
Gambar 11 Proses pengolahan untuk mengidentifikasi warna pixel	56
Gambar 12 Posisi Kamera dan Lampu	65
Gambar 13 Foto Sampel dari Leang Jing	68
Gambar 14 Foto Sampel dari Leang Parewe	69
Gambar 15 Perbandingan keluasan ruang warna tampak (<i>Color Gamut</i>)	71
Gambar 16 Tampilan objek sampel PWY2 pada tingkat pixel	73
Gambar 17 penggabungan 25 pixel berdekatan dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	73
Gambar 18 penggabungan 16 pixel berdekatan dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	74
Gambar 19 penggabungan 9 pixel berdekatan dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	74
Gambar 20 penggabungan 4 pixel berdekatan dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal dan pixel tunggal (1699,2800)	75
Gambar 21 penggabungan 25 pixel berdekatan dari sampel PWY-1 dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	76

Gambar 22 penggabungan 16 pixel berdekatan dari sampel PWY-1 dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	77
Gambar 23 penggabungan 9 pixel berdekatan dari sampel PWY-1 dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	78
Gambar 24 penggabungan 4 pixel berdekatan dari sampel PWY-1 dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	78
Gambar 25 Tampilan objek sampel PWB-1 pada tingkat pixel.....	80
Gambar 26 penggabungan 25 pixel berdekatan dari sampel PWB-1 dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	80
Gambar 27 penggabungan 16 pixel berdekatan dari sampel PWB-1 dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	81
Gambar 28 penggabungan 9 pixel berdekatan dari sampel PWB-1 dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	82
Gambar 29 penggabungan 4 pixel berdekatan dari sampel PWB-1 dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	82
Gambar 30 penggabungan 25 pixel berdekatan dari sampel PWB-2 dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	84
Gambar 31 penggabungan 16 pixel berdekatan dari sampel PWB-2 dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	84
Gambar 32 penggabungan 9 pixel berdekatan dari sampel PWB-2 dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	85
Gambar 33 penggabungan 4 pixel berdekatan dari sampel PWB-2 dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	85
Gambar 34 penggabungan 25 pixel berdekatan dari sampel PWB-3 dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	87
Gambar 35 penggabungan 16 pixel berdekatan dari sampel PWB-3 dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	87
Gambar 36 penggabungan 9 pixel berdekatan dari sampel PWB-3 dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	88
Gambar 37 penggabungan 4 pixel berdekatan dari sampel PWB-3 dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	88
Gambar 38 Tampilan objek sampel JDR pada tingkat pixel	90
Gambar 39 penggabungan 25 pixel berdekatan dari sampel JDR dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	90
Gambar 40 penggabungan 16 pixel berdekatan dari sampel JDR dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	91
Gambar 41 penggabungan 9 pixel berdekatan dari sampel JDR dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	91

Gambar 42 penggabungan 4 pixel berdekatan dari sampel JDR dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	92
Gambar 43 Tampilan objek sampel JLR pada tingkat pixel.....	93
Gambar 44 penggabungan 25 pixel berdekatan dari sampel JLR dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	94
Gambar 45 penggabungan 16 pixel berdekatan dari sampel JLR dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	94
Gambar 46 penggabungan 9 pixel berdekatan dari sampel JLR dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	95
Gambar 47 penggabungan 4 pixel berdekatan dari sampel JLR dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	95
Gambar 48 Tampilan objek sampel JW pada tingkat pixel	97
Gambar 49 penggabungan 25 pixel berdekatan dari sampel JW dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	98
Gambar 50 penggabungan 16 pixel berdekatan dari sampel JW dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	98
Gambar 51 penggabungan 9 pixel berdekatan dari sampel JW dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	99
Gambar 52 penggabungan 4 pixel berdekatan dari sampel JW dengan identitas berbeda menjadi identitas warna tunggal	99

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu isu yang menjadi perhatian dalam pembahasan sumberdaya arkeologi adalah isu pelestarian. Pelestarian dalam konteks arkeologi tidak sekedar diterjemahkan sebagai perlindungan terhadap benda, tetapi lebih pada melindungi nilai yang dikandung benda arkeologis. Benda hanya media yang digunakan untuk menjaga nilai tersebut tetap hidup dan diturunkan dari generasi ke generasi (Hodder, 1989; Tanudirjo, 1996). Hilangnya satu sumberdaya arkeologis berarti hilangnya satu informasi periode tertentu dari sejarah budaya. Sebagai benda yang tidak dapat diperbaharui, kehilangan sumberdaya arkeologi berarti telah kehilangan selama-lamanya. Secara bentuk bisa tergantikan, tetapi nilai yang melekat pada sumberdaya arkeologis tidak akan bisa tergantikan. Nilai sebuah benda sangat dipengaruhi oleh peristiwa yang melatari serta waktu dan tempat kehadiran benda tersebut.

Lukisan dinding gua prasejarah adalah salah satu sumberdaya arkeologi yang memegang peranan penting dalam perjalanan kebudayaan. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Aubert dkk. (2016), salah satu lukisan dinding tertua di dunia berada di Leang Timpuseng, kawasan Karst Maros. Pertanggalan yang dilakukan dengan menggunakan metode Uranium-Series menunjukkan bahwa lukisan dinding tersebut berumur minimum 39.900 BP (Aubert dkk., 2016: 4). Penemuan ini seusia dengan lukisan dinding yang berada di El Castillo Ambrona Spanyol yakni 40.000 BP, atau mendekati usia gambar cap tangan merah dari Gua Maltravieso di Spanyol dengan angka ~60.000 tahun. 53 sampel gambar dinding yang ditarikh-an dengan metode U-Th (U-series) dari beberapa gua di Semenjung Iberia Spanyol ini telah disimpulkan oleh Hoffman (2018)

berumur 64.800 tahun (Hoffmann, 2018). Aubert dkk. (2019) kembali melanjutkan penelitiannya di Leang Bulu Sipong 4, dan menemukan hasil yang lebih mencengangkan, yaitu lukisan dinding tertua dunia hingga tahun 2019 terdapat di kawasan karst Pangkep. Berdasarkan hasil pertanggalan dengan metode sama yang digunakan di Leang Timpuseng, diketahui umur lukisan dinding gua tersebut adalah 43.900 BP (Aubert dkk., 2019: 2).

Demikian pentingnya hasil olah pikir dan kerja intelektual yang telah disumbangkan oleh peneliti, seharusnya dapat diapresiasi, dan nilai kandungannya dapat diinternalisasi oleh masyarakat sebagai pewaris benda budaya. Selayaknya pula benda arkeologis atau cagar budaya dapat terus diwarisi masyarakat dari generasi ke generasi sebagai cerminan pencapaian tingkat intelektualitas dan nilai kearifan masa lalu. Namun demikian, kehadiran benda arkeologis sebagai wahana yang menyimpan nilai penting memiliki keterbatasan material yang bersifat fana. Terlebih lukisan dinding gua prasejarah yang telah berumur puluhan ribu tahun, sudah dapat dipastikan memiliki tingkat kerentanan kerusakan yang tinggi. Meskipun pada sisi yang lain terbukti pula mampu bertahan dari berbagai tekanan alam maupun budaya selama ribuan tahun, tetapi pada akhirnya akan hancur dan musnah.

Permasalahan dasar dalam pelestarian adalah perlindungan cagar budaya atau objek arkeologi, dengan nilai penting tertentu, agar dapat bertahan lebih lama dari kemusnahan. Termasuk di antaranya lukisan-lukisan dinding gua prasejarah di kawasan karst Maros-Pangkep, khususnya berkaitan dengan kondisinya yang telah mengalami kerusakan yang parah. Berbagai macam kerusakan yang dialami, sebagaimana Balai Pelestarian Cagar Budaya (BPCB) Makassar telah mengidentifikasi 12 jenis kerusakan, yang pada umumnya dapat diamati secara langsung. Tetapi di antaranya ada pula faktor yang diidentifikasi cukup sulit untuk

diamati secara langsung, terutama terkait dengan kondisi warna yang dianggap mengalami degradasi atau pudar (Anonim, 2015:140).

Sebagaimana lazimnya warna lukisan dinding gua prasejarah di seluruh dunia, warna pigmen gambar yang umum ditemukan di Kawasan Gua-Gua Prasejarah Karst Maros-Pangkep cukup bervariasi, antara lain merah, hitam, ungu, kuning, dan putih. Jenis warna pada lukisan-lukisan tersebut pada umumnya terkait dengan bahan pembuatan pigmen, meskipun ada juga yang dipengaruhi oleh beberapa faktor lain seperti proses/teknologi pengerjaan bahan. Chalmin dkk. (2003) menyebutkan bahwa hanya 3 warna yang umum digunakan dalam pembuatan lukisan dinding gua dari jaman palaeolitik, dan hal tersebut disebabkan oleh bahan baku pigmen, yaitu merah (hematit, oksida besi/ Fe_2O_3), hitam (arang, jelaga, arang tulang/oksida mangan), dan kuning (goetit, oksida besi/ $FeOOH$). Sedangkan warna yang dihasilkan dari proses pengerjaan atau teknologi adalah warna kuning pada goetit yang berubah menjadi hematit merah melalui proses pemanasan (Chalmin. et.al., 2003; Siddall, 2018: 4). Di Indonesia, pigment warna kuning di Gua Harimau diduga berasal dari jenis oker yang mengandung limonit ($Fe_2O_3 \cdot H_2O$) dan warna putih dari kitosan (*chitosan*) cangkang kerang, serta pigmen hitam dari batu oker dengan kandungan mangan yang tinggi (Permana, 2015: 24).

Lukisan dinding di Gua New Cave dan Gua Water Mountain di Gilf Kebia, Mesir yang berwarna merah dan kuning juga telah diteliti oleh Darchuk, dkk. (2011) dengan analisis berbasis *spectroscopy* molekuler. Penelitian tersebut menggunakan metode *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Micro-Raman spectroscopy*, dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang disandingkan dengan analisis *Dispersive X-Ray spectrometer* (XRD) dan *X-Ray Fluorescence* (XRF) memperlihatkan adanya hubungan kuat antara jenis warna, bahan, dan

proses pengerjaan pigmen. Pada dasarnya kedua warna pigmen diperoleh dari alam dalam bentuk oker kuning dan oker merah, yaitu lempung yang tersusun atas mineral *kaoline* dan *illite* dengan mineral tambahan *gypsum*, kuarsa, magnesium, karbonat, dan mangan oksida dan mengalami proses hidrasi. Oksida besi pada mineral oker tersebut membentuk mineral hematit menghasilkan warna merah, dan mineral goetit menciptakan warna kuning. Namun demikian, salah satu varian oker alami, *sienna* (limonit), berwarna merah yang ketika dipanaskan mengubah mineralnya menjadi 30-50% hematit (Fe_2O_3), 10-30% silica amorf (SiO_2), dan beberapa mineral tambahan lain (MnO_2 , Al, Si, dan CaCo) menjadi warna coklat kemerahan (Darchuk, dkk. 2011: 34).

Warna gambar yang berbeda juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti kondisi konservasi, degradasi lingkungan dan biologis, interaksi dengan permukaan batu, keberagaman tingkat kesenyawaan batu, dan perbedaan ketebalan pigmen. Berdasarkan analisis *Raman-Spectroscopic* yang dikombinasi dengan observasi *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan analisis elemen (EDS), Rosina dkk., menyimpulkan bahwa pigmen merah pada lukisan dinding di Gua Abrigo del Águila (Badajoz–Spanyol) dihasilkan oleh mineral hematit dari batu oker sebagai bahan utama, yang dicampur dengan senyawa organik untuk menciptakan warna merah gelap, dan untuk warna merah cerah hanya menggunakan mineral hematit. Sedangkan warna putih dan hitam tersusun atas mineral karbon *anatase* dan *amorphous* (Rosina dkk., 2018: 274). Demikian pula Tascon dkk. (2016) dengan metode analisis yang sama ditambah dengan analisis BSD dan mikroskop optik, menemukan bahwa warna merah pada gambar Gua Oyola's Caves, Argentina dihasilkan oleh mineral hematit dari oker dicampur tanah liat, namun pigmen putih dikaitkan dengan bahan bermineral gipsum, dan hitam dengan mineral grafit (Tascon, dkk., 2016: 297).

Selanjutnya analisis kimia mikro (spektroskopi dan mikroskopi) yang dilakukan oleh Kurniawan dkk. (2019) terhadap 2 sampel pigmen dari lukisan dinding Gua Sumpang Bitu menunjukkan konsistensi peran mineral hematit dari batu oker yang mengandung oksida besi sebagai bahan utama pigmen. Perbedaan warna—merah dan ungu gelap—terjadi karena perbedaan struktur mineral (morfologi dan ukuran kristal) yang diakibatkan oleh perbedaan dalam pemrosesan pigmen oleh manusia (Kurniawan, et.al., 2019: 230). Perubahan warna yang terjadi pada mineral pigmen juga telah dijelaskan oleh Siddall, seperti mineral geotit pada oker kuning dapat dengan mudah diubah menjadi oker merah atau warna lain pada pemanasan hingga 250°C (Siddall, 2018: 4). Penelitian terakhir terkait dilakukan oleh Nurdini dkk (2020) di Gua Tewet memperlihatkan hasil yang serupa, dari 3 jenis warna yang diuji dengan metode FTIR, SEM, SEM, XANES, XRF, dan XRD. Hasilnya menunjukkan bahwa gambar berwarna ungu dihasilkan oleh terjadinya distorsi geometric dan kristalisasi mineral hematit yang tinggi, menyusul warna merah bata (*brick red*), dan merah. Perbedaan distorsi dan kristalisasi dapat terjadi melalui pemanasan yang tinggi pada saat penyiapan pigmen (Nurdini dkk, 2020: 1).

Penelitian dengan analisis serupa dilakukan pula oleh Toshibo dkk. (2019) yaitu dengan metode XRD dan XRF terhadap sampel lukisan dari 4 gua prasejarah di Maros (Leang Jing, Leang Barugayya, Leang Uluwae, dan Leang Lambatorang). Penelitian tersebut menganalisis lukisan dengan 4 variasi warna, yaitu merah, hitam, coklat, dan putih. Kesimpulannya adalah mineral utama penyusun pigmen adalah Calcium Oxide (CaO) dan Sulfur Trioxide (SO₃) dan beberapa mineral tambahan lainnya—termasuk hematit (Fe₂O₃)—berkontribusi untuk citra warna merah, coklat, dan hitam (Toshibo dkk. 2019: 1).

Penelitian-penelitian lainnya tentang lukisan dinding gua prasejarah di Indonesia memperlihatkan hal yang sama, lukisan-lukisan dinding tertua dari Sulawesi dan Kalimantan yang berumur 17.000 hingga 44.000 tahun adalah lukisan dinding berwarna merah, orange kemerahan, dan ungu. Cap tangan tertua di Leang Timpuseng berusia 39.900 tahun dan lukisan babi rusa tertua 35.400 tahun di gua yang sama serta beberapa sampel dari gua yang lain, disebutkan oleh Aubert dkk. (2014: 224) berwarna merah dan merah tua (*mulberry*). Di Kalimantan, penelitian serupa dengan 15 sampel dari 6 gua di kawasan pegunungan kapur Sangkulirang-Mangkalihat, warna lukisan bahkan dikaitkan dengan usia gambar. Warna jingga-kemerahan (*reddish-orange*) pada gambar binatang (banteng) dan beberapa cap tangan mewakili usia tertua (51.800-40.000 tahun), warna ungu gelap (*mulberry*) pada gambar cap tangan mewakili usia antara 20.900-19.700 tahun, serta yang paling akhir cap tangan dengan hiasan di dalamnya berwarna ungu gelap (*mulberry*) mewakili usia 13.600 atau kurang (Aubert, M., 2018: 1-4). Lukisan dinding gua tertua (43.900 tahun) di Leang Bulu Sipong 4 yang menampilkan adegan perburuan dengan penggambaran beberapa ekor hewan buruan (babi hutan dan anoa) yang diburu oleh mahluk penggabungan manusia dengan hewan (*therianthropes*) diyakini dibuat secara paralel dalam waktu periode yang sama. Hal ini didasarkan selain pada tipe artistik dan tingkat pelapukan yang sama, juga menggunakan pigmen dengan warna yang juga sama, merah gelap (*dark red pigment*) (Aubert. M. 2019: 2).

Warna dan bahan yang dikaitkan dengan kronologi sebagaimana disebutkan di atas, telah pula dibuktikan oleh Brumm dkk. (2017) melalui ekskavasi di Leang Bulu Bettue, Kawasan Karst Maros. Berbagai bukti bahan pembuatan lukisan dinding gua prasejarah berupa batu oker ditemukan dari lapisan berumur 26.000-22.000 tahun, berwarna merah dan merah gelap (*mulberry*). Temuan

tersebut secara kronologi dapat disejajarkan dengan usia lukisan-lukisan dinding gua berwarna sama yang telah ditarikhan di Maros. Selain pigmen merah, penelitian tersebut juga menemukan pigmen lain yang berwarna hitam berumur lebih muda (Brumm et al., 2017: 4). Meskipun demikian belum ditemukan adanya penelitian yang benar-benar membuktikan bahwa warna menunjukkan kronologi waktu kebudayaan melukis di dinding gua. Tidak diragukan bahwa warna sangat penting artinya dalam memahami banyak hal terkait nilai penting yang dikandungnya sebagai cagar budaya, termasuk untuk upaya-upaya pelestarian khususnya konservasi.

Demikianlah semua hasil penelitian yang dipaparkan di atas memperlihatkan bahwa jenis warna lukisan dinding gua prasejarah setidaknya memperlihatkan nilai penting berkaitan dengan bahan baku (material), teknologi (pemrosesan), dan kronologi (tarikh). Sayangnya dalam mendeterminasinya, hanya menyebut spektrum warna berdasarkan kesan interpretatif dengan istilah yang juga relatif, misalnya menyebut warna merah, merah gelap, merah cerah, kuning, ungu, ungu gelap, putih, hitam, coklat, dan lain-lain. Dengan pengistilahan ini, tidak dapat dibuktikan kesetaraan atau kesamaan antara satu warna dengan warna lain yang dikategorikan memiliki nilai penting sama terkait bahan, teknologi, dan waktu. Keterbatasan jumlah kosakata warna, sebagaimana yang umum digunakan, tidak sebanding dengan variasi warna yang sebenarnya tersedia, yaitu hingga lebih dari 16 juta kombinasi spektrum warna.

Penelitian ini menawarkan prosedur identifikasi warna gambar gua prasejarah dengan Metode Objektif Tidak Langsung. Prosedur ini membuka perspektif baru dalam metode mengenali warna secara terukur namun tidak menuntut adanya kontak langsung dengan objek. Bersifat objektif karena tidak melibatkan interpretasi manusia sebagai pengamat untuk menyatakan identitas

tertentu dari warna. Identitas yang dikenali oleh prosedur ini adalah berupa nilai-nilai spektrum warna dalam satuan angka-angka. Hal ini memungkinkan peneliti untuk membedakan kondisi warna antara satu objek dengan yang lain, maupun objek yang sama dalam waktu yang berbeda.

Data yang dihasilkan akan sangat membantu dalam melakukan upaya-upaya konservasi, seperti pemulihan kembali warna asli atau warna terakhir lukisan dinding gua sebelum mengalami kerusakan atau pudar. Reproduksi warna dalam konteks konservasi, khususnya pemulihan objek lukisan dinding gua sangat penting karena berkaitan dengan nilai-nilai penting yang melekat pada warna di masing-masing gambar atau lukisan. Dengan demikian pesan nilai dari warna akan tetap tersampaikan dari generasi ke generasi.

1.2. Permasalahan

Pentingnya kepastian dan konsistensi dalam penyebutan jenis warna sebagai bagian dari identitas dan entitas lukisan dinding gua prasejarah tidak dapat diragukan lagi. Tetapi pada kenyataannya hingga saat ini, masalah warna tersebut belum menjadi perhatian utama sebagaimana perhatian peneliti terkait dengan bentuk gambar, teknologi pembuatan, ataupun bahan baku pigmennya. Bahkan juga di dalam kegiatan-kegiatan terkait dengan upaya konservasi, sebagaimana para konservator mampu mengkaji secara detail bentuk-bentuk kerusakan dan pelapukan karena faktor jasad renik pada objek cagar budaya. Spesies ataupun fisiografi bakteri perusak, proses kimia terjadinya kerusakan akibat mineral tertentu, dan lainnya dapat diidentifikasi dan dipetakan dengan baik oleh para konservator.

Sebaliknya, dalam menyebutkan jenis kerusakan berupa perubahan warna, perhatian peneliti dan kehati-hatian konservator masih belum tampak jelas atau cenderung terabaikan. Jenis warna yang berbeda tetapi seringkali disebutkan

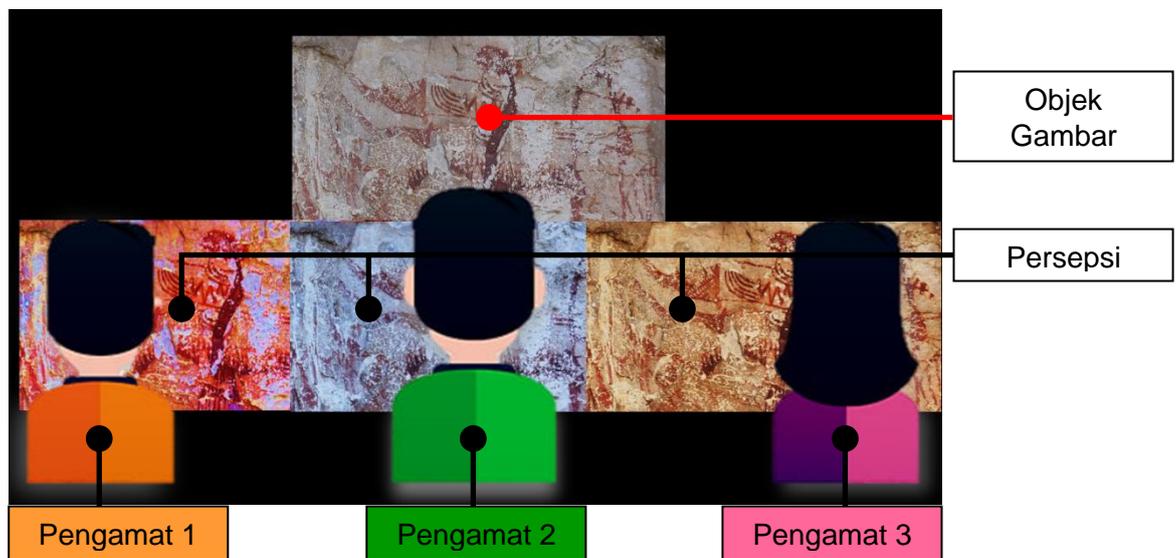
dengan nama yang sama, dan jelas belum ada kesepakatan tentang batas-batas determinasi warna. Bahkan pada tataran kerusakan, menjadi hal yang umum diungkapkan oleh ilmuan, peneliti, dan konservator bahwa satu lukisan dinding gua telah memudar atau kabur. Meskipun tidak disertai dengan pembuktian kondisi warna awal dan kondisi warna terakhir saat pernyataan disampaikan. Kecerahan warna lukisan dinding gua prasejarah pada tingkat tertentu yang terukur, belum menjadi suatu prasyarat dalam pernyataan-pernyataan ilmiah, baik untuk kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan, pendidikan, atau untuk kepentingan konservasi.

Kerusakan warna gambar/lukisan dinding gua prasejarah pada prinsipnya sulit untuk diukur, kecuali dengan cara tertentu yang khusus, karena sifat warna adalah "relatif" dan subjektif. Atau dalam hal ini warna merupakan sifat psikologis dari pengalaman visual yang dialami ketika seseorang memandang objek dan cahaya, dan bukan sifat fisik dari benda dan cahaya. Oleh karenanya, cahaya dengan panjang gelombang berbeda dapat saja terlepas dari pengamatan, tetapi tidak ada warna yang tidak tergantung pada pengamatnya, karena warna adalah fenomena psikologis yang muncul pada setiap individu (Palmer, 1999: 95-97). Kenyataannya, banyak faktor yang menentukan eksistensi warna, antara lain:

- a. Faktor cahaya, yaitu intensitas atau kekuatan dan kehangatan cahaya yang menerpa objek;
- b. Faktor sifat material objek, yaitu kemampuan permukaan objek menerima, menangkap, menyerap, menyebarkan, membiaskan, meneruskan, dan memantulkan cahaya;
- c. Faktor tingkat kelembapan, yaitu kondisi kelembapan atau tingkat kandungan air pada benda, khususnya permukaan, mempengaruhi cahaya yang diterima, diserap, dipencar, dan dipantulkan oleh benda, dan

- d. Faktor kemampuan mata pengamat, yaitu setiap mata memiliki kemampuan berbeda dalam menangkap dan memproses gelombang (frekuensi dan panjang) cahaya yang diterima.

Akibat faktor-faktor ini, maka suatu objek dengan identitas warnanya dapat dideterminasi dengan jenis warna yang berbeda oleh pengamat berbeda, atau pengamat yang sama dalam waktu berbeda, atau pengamat yang sama pada saat kelembapan yang berbeda.



Gambar 1. Ilustrasi terhadap satu obyek gambar dapat dipersepsikan berbeda bagi setiap pengamat

Pengistilahan dan pernyataan jenis warna tertentu terhadap suatu objek yang disampaikan, oleh penerima informasi yang tidak menyaksikan langsung objek dimaksud, hanya dapat membayangkan citra warna tertentu berdasarkan referensi, pengalaman, dan pengetahuannya tentang warna. Tidak ada jaminan bahwa dengan menggunakan pengistilahan tertentu (nama warna) terhadap interpretasi citra warna objek tertentu yang disampaikan, akan ditangkap oleh beberapa penerima informasi dalam persepsi warna yang sama.

Penelitian tentang lukisan dinding gua prasejarah di Sulawesi Selatan yang terkait dengan justifikasi warna—sebagai salah satu faktor penentu penelitian—

telah dilakukan oleh Permana (2014: 144-145) yang menyebutkan bahwa di Leang Sumpang Bitu terdapat 78 buah lukisan cap tangan dengan menggunakan 3 warna pigmen, yaitu coklat, merah, dan hitam. Namun demikian dengan objek dan situs yang sama, Kurniawan (2019) yang melakukan penelitian tentang sifat kimia bahan pigmen lukisan dinding tersebut, dengan mengambil 2 sampel warna berbeda tidak menyebutkan warna coklat, hanya disebut dengan pigmen warna merah gelap (*dark red pigment*) dan pigmen warna ungu (*purple pigment*). Dengan objek yang sama, para peneliti telah merekam/mendokumentasi dan mengkomunikasikan warna lukisan dinding gua kepada pembaca secara tidak konsisten. 78 buah cap tangan yang oleh Permana disebutkan hanya menggunakan 3 warna, oleh Kurniawan dkk., menyebutkan warna ungu (*purple*), satu warna yang tidak termasuk dalam identifikasi Permana.

Selanjutnya Permana (2014) menilai bahwa pada umumnya lukisan dinding gua di situs penelitiannya di gua-gua prasejarah Kabupaten Maros menggunakan pigmen berwarna coklat. Termasuk warna gambar dari 4 lokasi yang kemudian diteliti Toshiko dkk (2019), yang justru melihat warna gambar-gambar telapak tangan tersebut sebagai warna merah, kecuali Leang Lambatorang yang diperkaya dengan warna hitam. Demikian halnya dengan cap tangan di Leang Timpuseng yang oleh Aubert dkk (2014) dianggap warna merah (*mulberry*), tetapi Permana melihat seluruhnya berwarna coklat.

Persoalan ini masih terbatas pada masalah perbedaan justifikasi jenis warna (*hue*), belum menyentuh persoalan kerusakan lukisan yang diakibatkan atau berkaitan dengan kualitas warna (*chroma/saturation*), dan kecerahan warna (*brightness*). Pernyataan rusak (seringkali dinyatakan dengan istilah “pudar”, “kabur”, ataupun “buram”) oleh pengamat terhadap suatu lukisan atau gambar dinding gua prasejarah masih sering bersifat interpretatif. Pernyataan kondisi rusak harusnya memperlihatkan dua kondisi berbeda, baik secara kuantitas maupun

kualitas, atau memperlihatkan suatu proses perubahan dari kondisi awal ke kondisi lain di waktu berikutnya yang memperlihatkan keadaan fisik yang berbeda. Terkait dengan kerusakan pada warna yang menjadi pudar, harusnya dibuktikan dengan rekaman kondisi awal yang lebih jelas dibandingkan kondisi saat ini.

Toshiko dkk. (2019) menyatakan bahwa kondisi lukisan sampel penelitiannya di 4 situs gua di Kabupaten Maros telah mengalami kerusakan setelah ribuan tahun ditinggalkan. Selain retak, warna lukisan tidak lagi jelas bahkan beberapa di antaranya telah pudar (*fade*) sebagaimana kondisi lukisan gua prasejarah di Prancis. Lebih khusus Toshiko dkk. mengatakan bahwa di salah satu situs penelitiannya, Leang Uluwae, dari 14 gambar telapak tangan keseluruhannya menggunakan pigmen berwarna merah, tetapi karena telah mengalami pemudaran (*fading*), sehingga saat ini tampak seolah-olah menjadi warna putih hingga warna hitam. Sayangnya di dalam penelitian tersebut tidak diuraikan bukti-bukti terjadinya pemudaran, dari merah ke putih atau ke hitam. Demikian pula tidak dijelaskan standar terukur untuk menyebut warna merah (sebagai warna asli) dan putih atau hitam sebagai hasil degradasi warna. Bahkan untuk warna saat ini digunakan diksi “kesan” (*impression*) yang sifatnya subjektif.

Terkait dengan hal-hal tersebut, jenis warna dan kerusakan (pudar, kabur, buram) gambar atau lukisan dinding gua masih pula dipengaruhi oleh tingkat kelembapan, pencahayaan, kekuatan mata, serta jarak dan sudut pandang. Pada tingkat kelembapan tertentu, lukisan dinding gua prasejarah menjadi lebih jelas, bahkan ada fakta yang menunjukkan bahwa untuk memperoleh citra gambar yang lebih baik, para peneliti di situs-situs gua prasejarah di Afrika Selatan menyemprotkan air pada objek untuk menguatkan warna. Proses ini memudahkan peneliti untuk menyalin atau memotret, meskipun itu berkontribusi pada kerusakan lukisan dinding (Jopela, 2010: 59).

Oleh karena masalah-masalah tersebut, maka untuk mengetahui adanya perubahan (khususnya degradasi) terhadap warna, diperlukan prosedur tertentu untuk menjamin keabsahan disertai dengan bukti terukur. Penelitian dan publikasi tentang ini telah dilakukan oleh Ruiz & Pereira (2014) yang menyoroti masalah analisis dan sistem komunikasi warna gambar cadas (*rock art*) yang digunakan oleh para peneliti sebelumnya, dan menawarkan protokol perekaman kolorimetri yang menjamin keakuratan, keandalan, dan pengendalian kualitas produk penelitian (Ruiz & Pereira, 2014: 338).

Pada penelitiannya, Ruiz & Pereira telah menerapkan metode pengamatan subjektif dan objektif (langsung dan tidak langsung) pada lukisan dinding di Situs Rock Art Marmalo III, Villar del Humo, Cuenca, Spanyol. Metode subjektif yang dilakukan adalah pengamat membandingkan warna lukisan dinding dengan sampel warna yang tersedia pada Munsell Soil Color Chart. Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan dengan melibatkan 3 orang pengamat pada dua sesi pengamatan, Ruiz & Pereira tidak merekomendasikan metode ini. Sedangkan Metode Objektif Langsung dengan menggunakan Kolorimeter, Spektrofotometer, dan Kamera Seluler, dan metode Objektif tidak langsung dengan menggunakan Kamera DSLR. Penggunaan kamera seluler juga tidak direkomendasikan karena percobaan menunjukkan tingkat kesalahan yang sangat tinggi. Ruiz dan Pereira menyarankan “metode objektif tidak langsung” dengan menggunakan Kamera DSLR dengan syarat bahwa prosedur operasional dan manajemen pengolahan digital gambar harus terkendali (Ruiz & Pereira, 2014: 346).

Terdapat 3 variabel yang menentukan kualitas warna objek, yaitu jenis warna (*hue*), derajat warna (*chromatic/saturation*), dan kecerahan (*brightness*). Pada tingkatan nama warna, pada prinsipnya terdapat sekitar 16 juta warna yang dapat tercipta dari sekitar 400 tingkatan panjang gelombang elektromagnetik (380-780 nm) cahaya tampak yang dapat ditangkap sistem visual manusia (Hunt &

Pointer, 2011:1). Jenis warna secara teoritik akan tetap pada karakternya, tetapi dalam sistem visual dan determinasi, pengamat manusia akan mengalami perbedaan persepsi antara satu manusia dan lainnya.

Berdasarkan persoalan-persoalan tersebut di atas, maka dalam penelitian ini dilakukan untuk menjawab beberapa pertanyaan terkait dengan warna gambar gua-gua prasejarah di kawasan karst Maros-Pangkep, yaitu:

- a. Bagaimana prosedur mengenali identitas warna dengan metode “objektif tidak langsung” (*Indirect Objective Method*) diterapkan sebagaimana disarankan oleh Ruiz dan Pereira (2014) diterapkan?
- b. Bagaimana prosedur identifikasi warna ini dapat digunakan dalam pemantauan terjadinya kerusakan pada warna gambar atau lukisan dinding gua prasejarah di Maros-Pangkep?

Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, penulis melakukan penelitian di gua-gua prasejarah di kawasan karst Maros-Pangkep dengan memilih sampel dari gua-gua yang menyediakan gambar dengan warna yang berbeda-beda. Selain berbagai faktor sebagaimana telah diuraikan di awal bagian ini, masih ada beberapa faktor bersifat eksternal lainnya yang mempengaruhi tampilan warna gambar. Faktor-faktor tersebut antara lain adalah pigmen tertutup material lain (ganggang, lumut, jamur kerak, debu, pigmen baru, dll.) atau pengelupasan (pigmen dan kulit batu), namun penelitian ini membatasi pada faktor internal gambar yang terkait langsung dengan penentu identitas warna gambar.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menyusun sistem identifikasi dan pengukuran kondisi dan karakter fisik objek dari unsur warna pigmen yang dapat teramati. Prosedur tersebut diusulkan dalam rangka memberi standarisasi yang jelas tentang warna lukisan dinding gua dengan meminimalisir keterlibatan interpretasi

dari pengamatnya, sehingga warna dapat diklasifikasi secara absolut dengan definisi tertentu.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diusulkan menjadi instrumen yang dapat digunakan dalam menentukan identitas warna, memonitoring laju kerusakan warna, dan selanjutnya membantu upaya memulihkan atau mereproduksi warna asli dalam rangka restorasi dan rekonstruksi gambar dinding gua prasejarah yang mengalami degradasi atau pudar.

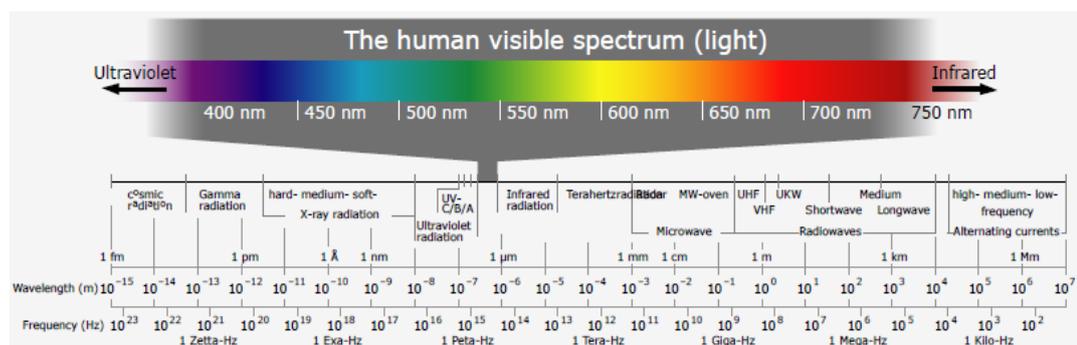
1.5. Kerangka Pikir

Ada atau tidak adanya kerusakan pada warna lukisan dinding, harus dibuktikan secara terukur dan tidak interpretatif. Pada prinsipnya perhitungan terhadap nilai-nilai absolut dari kualitas suatu warna dapat dilakukan, yaitu dengan membandingkan rekaman kondisi awal dan kondisi akhir dalam rentang waktu tertentu. Kualitas warna lukisan dinding dikuantifikasi dalam volume nilai tertentu, kemudian selisih di antara kedua kondisi tersebut dibandingkan dengan rentang antar waktu pengukuran, maka diperoleh tingkat perubahan warna. Apabila prosedur ini dilakukan secara berulang atau berkala, maka selisih dari masing-masing periode diakumulasi dan dirata-ratakan, akan menghasilkan tingkat laju kerusakan, khususnya tingkat laju perubahan identitas warna.

Setiap warna dapat ditentukan berdasarkan panjang dan frekuensi gelombangnya. Gelombang cahaya bukanlah warna itu sendiri, dan warna hanya muncul di mata dan otak manusia. Bagaimana membedakan panjang gelombang cahaya belum benar-benar dimengerti, kecuali beberapa warna diketahui dari perbedaan kualitas fotosensitivitasnya (Itten, 1970: 16). Pada prinsipnya, benda tidak memiliki warna secara inheren, tetapi benda hanya memiliki sifat molekuler—

khususnya permukaan—dalam hal menangkap, menyerap, dan memantulkan cahaya dengan panjang dan frekuensi gelombang tertentu. Meskipun begitu, pendapat ini ditolak oleh Byrne and Hilbert (2003:3) justru memandang bahwa objek fisik pasti berwarna, dan warna adalah sifat fisik khususnya pantulan. Warna didefinisikan oleh otak manusia melalui mata dengan mekanisme optik dan syaraf yang ada di dalamnya, dengan catatan bahwa kemampuan mata setiap orang dalam mengelola gelombang cahaya (langsung maupun pantulan) ini berbeda-beda.

Variasi warna sangat kaya, bahkan hampir tidak terbatas sebagai hasil interaksi dari 3 elemen, yaitu cahaya sebagai sumber warna, materi sebagai penangkap, dan mata sebagai penangkap warna ([Anonim, 2000: 4](#); [Hunt & Pointer, 2011:1](#)). Cahaya adalah pemicu pertama dalam proses identifikasi warna. Cahaya terdiri atas *foton* yang dipancarkan, menyediakan energi elektromagnetik untuk memicu tanggapan visual awal, termasuk persepsi warna. Reseptor mata manusia dirancang untuk menerima dan memproses energi elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang antara 380-750 nm (Johansson, 2004: 8) sebagaimana dapat dilihat pada gambar 1 di bawah. Rentang panjang gelombang tersebut yang menyediakan tampilan seluruh persepsi warna yang dimiliki manusia, mulai dari ungu (violet) pada panjang gelombang pendek hingga merah pada panjang gelombang panjang sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2.



[Electromagnetic Wave Spectrum](#)([link is external](#)) by Horst Frank is licensed [CC-BY-SA 4.0 International](#)

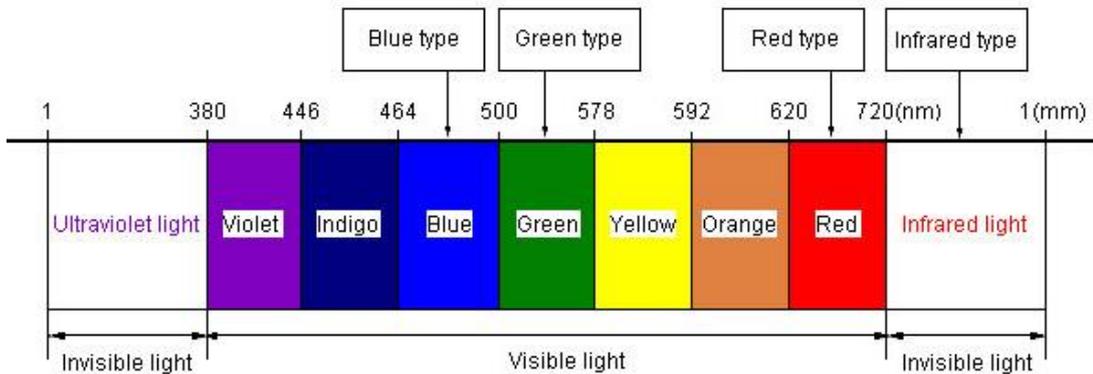
Sumber:https://www.e-education.psu.edu/geog160/sites/www.e-education.psu.edu/files/Electromagnetic_spectrum_-eng.svg (diakses: 6 Juni 2020: 10.50 AM)

Gambar 2. Spektrum cahaya yang dapat ditangkap mata manusia

Otak manusia akan mengenali bentuk dan warna benda melalui 2 cara, yaitu secara additif dan substraktif. Identifikasi gelombang cahaya secara langsung dikenal dengan cara additif adalah sistem optik manusia yang menangkap gelombang pancaran cahaya langsung dari sumbernya, kemudian dikelola dalam sistem visual sehingga sebuah objek dapat dinyatakan dalam wujud bentuk dan warna tertentu. Prinsip dari sistem visual ini adalah cahaya murni yang dikenal dengan cahaya putih dengan 3 wujud spektrum atau satuan gelombang elektromagnetik, yaitu merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*) yang disatukan dalam komposisi yang sama. Sistem ini dikenal pula dengan sistem RGB, dimana 3 jenis gelombang cahaya warna tersebut dipancarkan dalam ruang kosong yang dinyatakan dengan 'hitam'. Komposisi panjang dan frekuensi gelombang elektromagnetik yang berbeda-beda akan mewujudkan bentuk dan warna tertentu, serta menciptakan warna yang hampir tidak terbatas. Sistem ini digunakan dalam dunia digital seperti dapat dilihat pada layar televisi/komputer (CRT, LCD, Plasma, LED, Oled, dan AMOLED).

Sementara sistem visual warna substraktif adalah metode identifikasi bentuk dan warna melalui pemrosesan cahaya pantulan atau cahaya tidak langsung oleh sistem visual manusia terhadap objek tertentu. Umumnya manusia menyatakan warna benda dengan cara ini, yaitu menyatakan kesan atau kesimpulan hasil kelola pantulan gelombang cahaya benda melalui sistem optik dan otak masing-masing. Cahaya murni yang dipancarkan dari sumbernya menerpa segala benda yang berada dalam alur gelombang pancaran cahayanya. Gelombang cahaya tersebut terbagi berdasarkan kesesuaian karakter gelombangnya dan karakter objek yang dipapar, sebagian gelombang diserap, sebagian lainnya dipantulkan. Gelombang yang dipantulkan adalah gelombang yang akan ditangkap dan diproses oleh sistem optik dan syaraf manusia.

Gelombang panjang dengan frekuensi rendah sering dinyatakan dengan warna merah (620-720 nm), dan gelombang pendek dengan frekuensi tinggi dikenali dengan warna violet (380-446 nm). Klasifikasi jenis warna secara umum berdasarkan panjang gelombang dan frekuensinya dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 3. Panjang dan rekuensi gelombang elektromagnetik tampak
 Sumber: http://www.omron.co.id/service_support/FAQ/FAQ00307/index.asp; diakses tanggal 6 Juni 2020: 1:55 PM)

Dalam hal memandang warna, manusia sebagai pengamat kemudian dapat mendefinisikan warna berdasarkan teori trikromatik/tristimulus dan teori CIE Illumination yang dikembangkan dari Opponent-Process Theory of Color Vision. Teori Trikromatik adalah teori yang mendasarkan penglihatan warna bersumber dari mekanisme reseptor pada tingkat selular retina mata manusia, yaitu sensitivitas spektrum tergantung dari panjang gelombang elektromagnetik yang diterima mata. Reseptor sel menangkap gelombang cahaya tampak dalam bentuk cahaya murni (putih) yang kemudian diproyeksikan menjadi tiga spektrum gelombang cahaya warna dasar (merah, hijau, dan biru). Sedangkan sistem visual versi CIE Illumination Theory lebih bersifat psikofisik yang dibangun meniru sistem penglihatan manusia namun dapat dikuantifikasi. Pengembangan sistem ini berdasarkan Opponent-Process Theory dari hasil pengamatan fenomenologis yang

melibatkan *afterimages*, kontras simultan, visualisasi warna, dan efek buta warna (Johansson, 2004: 4).

Berdasarkan pada prinsip-prinsip warna tersebut, maka penilaian terhadap warna gambar dinding gua prasejarah penting untuk ditinjau, terutama dalam hal determinasi atau definisi warnanya. Hal ini terutama dipandang penting dalam upaya pelestarian, khususnya upaya konservasi, yaitu bagaimana mempertahankan atau mengembalikan, memulihkan warna asli gambar atau lukisan dinding gua prasejarah—berdasarkan indikator terukur (baku) dan kondisi dari waktu tertentu—yang mengalami degradasi.

Pada saat ini atau beberapa tahun belakangan, sebenarnya para ahli telah menyediakan instrumen-instrumen dalam hal mendokumentasi dan menyampaikan/komunikasikan warna, misalnya skala IFRAO (*International Federation of Rock Art Organizations*), Munsell color chart, Pantone color chart, Colourchecker, dan lainnya. Namun demikian instrument-instrumen tersebut hanyalah pembanding yang dalam proses mengkomunikasikan warna objek. Oleh karenanya itu sifatnya sangat relatif, sangat tergantung kemampuan pengamat dalam menyandingkan atau membandingkan warna objek dengan warna instrumen pembanding (skala warna) tersebut.

Dengan pembandingan bebas yang melibatkan interpretasi manusia, maka persepsi terhadap warna sangat memungkinkan terjadinya penyamaan nama warna terhadap objek yang secara fisik memiliki identitas warna yang berbeda (*metamerism*). Selain itu, jumlah indikator pembanding sangat terbatas dibanding jumlah variasi warna yang sebenarnya. Skala IFRAO misalnya, warna hanya terdiri dari 8 warna yaitu merah, biru, hijau, kuning, hitam, abuabu, abuabu gelap, dan putih. Sebagai skala, IFRAO hanya memberikan pembanding terhadap benda atau objek untuk menciptakan wawasan tentang warna objek jika disandingkan dengan

skala IFRAO. [Namun IFRAO](#) tidak menyediakan perangkat lunak untuk mengoreksi kualitas warna skala cetak (Mark, R & E. Billo Newman, 1996:28).

Dalam konteks pelestarian, khususnya upaya konservasi gambar, metode perbandingan warna yang bersifat interpretatif tersebut tanpa adanya standar baku tidak dapat menjadi sebuah penyelesaian. Sulit untuk menemukan kembali atau mereproduksi warna asal pada sebuah objek yang telah mengalami perubahan (degradasi) warna, hanya dengan pedoman rekaman foto dengan skala warna IFRAO di dalamnya. Terlebih lagi apabila perekaman foto dilakukan dengan tidak terukur, baik pencahayaan, spesifikasi kamera, dan kelembapan.

Melihat tujuan utama untuk kepentingan pelestarian, maka visi warna yang berdasar pada “Teori Proses-lawan dari Teori Trikromatik” tampaknya kurang tepat untuk digunakan untuk penelitian ini. Teori ini didasarkan pada visi warna yang bersifat psiko-fisik, yaitu meniru sistem interpretasi warna yang digunakan oleh manusia pada umumnya. Visi ini bekerja pada tingkat syaraf (*neuro*) dalam sistem penglihatan manusia, sifatnya interpretatif. Metamerisme sangat mempengaruhi sistem ini. Dengan pertimbangan tersebut, maka penulis memilih untuk menggunakan teori dasar Trikromatik yaitu penglihatan sangat tergantung dari tiga mekanisme reseptor dalam sel retina mata, masing-masing dengan sensitivitas berbeda (Johansson, 2004:4). Sel-sel kerucut pada mata memiliki perbedaan dalam menangkap panjang gelombang yang secara garis besarnya menangkap gelombang panjang (menghasilkan warna merah), gelombang menengah (menghasilkan warna hijau), dan gelombang pendek (menghasilkan warna biru).

Sistem ini akan mendasari penilaian terhadap citra yang dikumpulkan dari objek, dalam hal ini sampel gambar atau lukisan dinding. Oleh karena sistem Trikromatik ini menganut mekanisme pembacaan panjang gelombang

elektromagnetik atau spektrum gelombang tampak bersifat additif, maka data sampel yang dianalisis dalam format digital. Demikian pula data selanjutnya dianalisis menggunakan metode digital dengan media pancaran spektrum warna secara digital, maka dibutuhkan bantuan alat analisis berupa komputer dan aplikasi yang menyediakan sistem analisis berbasis RGB. Hasil dari analisis ini tidak menghasilkan determinasi warna tertentu, tetapi data berupa angka digital yang merepresentasikan identitas warna berdasarkan panjang gelombang spektrum yang dimiliki.

1.6. Metode Penelitian

Pengukuran kualitas warna sebenarnya dapat dilakukan dengan menggunakan alat pengukur warna, kolorimeter dan spektrofotometer, tetapi metode yang diajukan ini terutama untuk menunjang upaya-upaya pelestarian gambar prasejarah yang diketahui sangat rentan mengalami kerusakan. Alat kolorimeter dan spektrofotometer (*fixed* dan *handheld/portable*) adalah instrument yang menuntut adanya kontak secara langsung dengan objek pantauan. Dengan metode kontak langsung tersebut, penulis menganggapnya sebagai salah satu faktor yang justru dapat menjadi penyebab semakin cepatnya laju kerusakan terjadi. Kondisi ini akan lebih parah karena pemantauan laju kerusakan warna ini akan memberikan hasil jika dilakukan secara berulang atau berkala.

Selain itu, sifat warna gambar gua prasejarah tidak bersifat padat secara keseluruhan (*unsolid*), tetapi pada umumnya berupa hamparan pigmen dengan warna yang tidak merata (*gradation*). Perubahan jenis warna (*hue*) dan kualitas warna (*Saturation-Chroma*) sebenarnya terjadi pada tingkat pixel, sehingga penggunaan alat Colorimeter dan Spektrofotometer tidaklah efektif. Kedua alat tersebut pada dasarnya dibuat untuk kebutuhan kontrol kualitas warna barang hasil produksi industri, seperti kertas, plastic, tekstil, dan semua benda dengan

warna yang solid. Oleh karena itu, dalam operasinya membutuhkan titik pengukuran (titik tembak) dengan media cukup besar pada tingkat mm-cm, yang pada ukuran tersebut dapat terjadi beberapa atau bahkan ratusan hingga ribuan perbedaan warna pada tingkat pixel (*picture element*).

Pengamatan pada identifikasi dan analisis warna lukisan dinding gua prasejarah dengan menggunakan colorimeter (Nix-Pro) memperlihatkan situasi yang memicu keraguan lain terhadap efektivitas alat ini. Cakupan sensor yang cukup besar dengan permukaan yang rata, ditempatkan pada permukaan media lukisan yang bergelombang memberikan ruang masuknya cahaya. Peluang masuknya cahaya pada permukaan yang dipindai oleh alat akibat tidak rapatnya bukaan sensor, dapat membiaskan cahaya yang dipancarkan alat. Dengan demikian potensi terjadinya *metamirism* pada hasil pembacaan alat sangat besar. Hasil determinasi warna direfleksikan dengan nilai-nilai RGB, Lab, XYZ, dan CMYK selalu berdasarkan referensi warna baku yang telah ditetapkan (Pantone, Munsell, dll.) yang dimiliki oleh masing-masing alat. Oleh karena itu, perbedaan spektrum yang kecil selalu diabaikan dengan pembulatan nilai terdekat berdasarkan referensi tersedia.

Berdasarkan pada pertimbangan tersebut, penulis akan menggunakan metode objektif tidak langsung dengan menggunakan perekaman gambar dengan kamera DSLR/Mirrorless sebagaimana yang disarankan oleh Ruiz & Pereira (2014). Ruiz dan Pereira menggunakan metode Subjektif dan Objektif pada penelitian tentang warna lukisan dinding gua prasejarah di Semenanjung Iberia, Spanyol. Mereka melakukan pengamatan dengan metode objektif langsung dengan menggunakan perangkat kolorimeter dan spektrofotometer, dan metode objektif tidak langsung dengan perangkat kamera digital (DSLR). Oleh Ruiz dan Pereira, penggunaan kolorimeter (Pantone Color Cue 2; iluminasi D50 Standar)

yang outputnya menghasilkan ekstensi CMYK, sRGB, Adobe RGB, CIE Lab, dan XYZ, tidak dilanjutkan karena dianggap nilai hasil yang ditunjukkan oleh alat bukan ruang warna (*color space*) yang sebenarnya, tetapi nilai hasil direduksi secara otomatis oleh alat kolorimeter sesuai standar warna Pantone. Sementara penggunaan kamera seluler (Ipad 4 dan Iphone 4s), turut tidak digunakan karena cahaya pantulan yang diterima kamera tidak terukur sehingga sistem kamera akan memproses serta menyesuaikan dengan nilai kolorimeter yang tersedia pada perangkat seluler yang digunakan (Ruiz & Pereira, 2014: 141).

Metode serupa juga telah dilakukan oleh [Hardeberg \(2001\)](#) dalam disertasi dengan judul "Acquisition and Reproduction of Color Images: colorimetric and multispectral approaches". Meskipun pada prinsipnya Hardeberg mengajukan metode komprehensif untuk mengidentifikasi karakter warna, peningkatan kualitas, koreksi, dan transformasi warna format digital ke dalam bentuk cetak, namun Hardeberg menguraikan dengan detail peran vital determinasi RGB dan Lab (digital) dalam hal mengenali warna (Hardeberg, 2001). Untuk aplikasi konservasi gambar-gambar gua prasejarah, khususnya pemulihan warna ke depan, sangat penting untuk memahami teori-teori yang diajukan oleh Hardeberg ini.

Pada prinsipnya, metode yang digunakan oleh penulis dalam identifikasi warna ini menerapkan sistem serupa yang digunakan oleh alat kolorimeter tetapi dioperasikan secara manual. Keduanya memiliki tingkat keakuratan yang setara, dengan kelemahannya masing-masing. Penerapan metode objektif tidak langsung memiliki kekurangan ketika prosedur tidak dilakukan secara akurat dan konsisten, akan berdampak pada sulitnya melakukan identifikasi ulang untuk monitoring. Sedangkan pada penggunaan alat kolorimeter terletak pada pembulatan nilai gamut sesuai dengan referensi identitas warna tersedia yang digunakan oleh alat.

Selain itu, dalam konteks monitoring, pengukuran terhadap obyek harus dilakukan secara berulang, sehingga berpotensi merusak (bersifat destruktif).

Penelitian ini mengambil studi kasus dalam proses identifikasi warna untuk menghasilkan data atau instrumen yang dapat digunakan sebagai indikator atau sebagai pembanding terhadap kondisi warna di waktu yang lain terhadap objek yang sama. Proses dilakukan dalam hal pengambilan dan analisis sampel, diuraikan sebagai berikut:

1.6.1. Pemilihan dan Pengambilan Sampel

Bagian pemilihan sampel ini sangat penting untuk diuraikan disini karena menjadi kunci keberhasilan proses penelitian berikutnya, bahkan untuk pasca kegiatan penelitian ini, khususnya dalam aplikasi konservasi. Oleh karena itu, secara umum, langkah proses pengambilan sampel diuraikan sebagai berikut:

- a. Memilih objek sampel didasarkan pada pertimbangan warna yang umum dikenali, yaitu Merah, Hitam, Putih, dan Kuning. Determinasi warna ini berdasarkan pengamatan pada visualisasi gambar yang mudah dan meyakinkan bahwa pada umumnya pengamat menyepakati determinasi penamaannya. Penulis tidak akan memilih sampel dengan kondisi visual warna yang memungkinkan pengamat berbeda dalam hal penafsiran nama warna, misalnya ungu.
- b. Lukisan yang terpilih sebagai sampel atau objek pantauan; didefinisikan dengan koordinat dengan tingkat akurasi *dot* laser pada Total Station dengan ketentuan memiliki titik ikat permanen (lokal atau global) yang terukur.
- c. Titik observasi/pantauan dengan satuan pixel, pemilihan satuan pixel untuk pantauan warna didasarkan pada kenyataan bahwa pixel merupakan satuan terkecil untuk pembacaan warna pigmen yang solid dan tidak

mengandung gradasi. Untuk kepentingan ini, maka sampel gambar yang dianalisis ditandai oleh titik (spot) laser yang dipancarkan oleh Total Station yang digunakan untuk menandai dan mengkoordinatkan objek. Penggunaan Total Station ini sebagai alat bantu penanda koordinat dipilih dengan alasan bahwa belum tersedia alat yang praktis digunakan untuk penanda koordinat yang lebih presisi. Penggunaan 3D scanner dapat menjadi alternatif pembanding dengan syarat tertentu. Koordinat titik dengan presisi tinggi diperlukan untuk memudahkan menemukan kembali titik secara tepat ketika dilakukan prosedur berulang terhadap sampel.

- d. Pemotretan dengan posisi terukur
- e. Pemotretan dilakukan dengan menggunakan Kamera Mirrorless Sony α 6 ILCE-6000. Sampel terdiri atas foto yang diambil dengan 2 tingkatan, yaitu:
 - Foto Panel, terdiri atas foto yang menampilkan keseluruhan gambar dalam satu panel yang menunjukkan objek sampel secara kontekstual. Dengan demikian, posisi sampel dan hubungannya dengan gambar lain di sekitarnya (termasuk warna) akan dapat diperbandingkan.
 - Foto detail, yaitu foto yang menampilkan sampel gambar secara detail, berukuran lebih kecil namun memperlihatkan detail gambar hingga tekstur permukaan dan butiran pigmen. Hal ini penting untuk menunjukkan bahwa warna yang ditangkap oleh sistem visual manusia merupakan hasil interpretasi gradasi dari gabungan warna-warna berbeda yang muncul sebagai kesan yang ditangkap, dan dapat berbeda bagi setiap pengamat.

Pemotretan objek sampel tidak dilengkapi dengan skala warna (IFRAO, Munsell, Pantone, dll) karena pada umumnya skala-skala tersebut menggunakan media bahan dengan tekstur permukaan yang halus (*glossy*) sehingga

kemampuan penyerapan dan pemantulan cahaya berbeda dengan objek lukisan dinding gua yang menggunakan media permukaan batu yang bertekstur kasar.

Penentuan posisi koordinat menggunakan sistem Universal Transversal Mercator (UTM) yang memiliki satuan metrik, sedangkan untuk titik-titik identifikasi menggunakan satuan ukur warna dengan pixel. Satuan koordinat UTM merupakan satuan ukur yang pada tingkat terkecilnya mampu mendekati tingkat akurasi fixel, meskipun tingkat akurasi alat masih jauh lebih rendah dari yang diharapkan.

a. Objek sampel warna pantauan akan dilakukan disertai dengan pengukuran tingkat kelembapan dengan satuan derajat protimeter ($^{\circ}$ SP). Pengukuran dilakukan pada titik permukaan batu (sebagai media) yang tidak tertutup pigmen dengan posisi terdekat dengan titik pantauan. Hal ini dilakukan atas pertimbangan untuk menghindari kontak dengan objek pigmen yang sangat mudah rusak. Selain itu, tingkat kelembapan permukaan batu gamping diasumsikan cukup merata pada cakupan lokal, atau tidak terdapat tingkat perbedaan kelembapan permukaan yang ekstrim.

b. Pencahayaan

Sebagaimana telah diketahui dalam teori tristimulus, warna adalah hasil olah optic dan syaraf manusia, dan pemicu awalnya adalah cahaya. Benda tidak memiliki warna secara inhern, atau dalam sifat fisiknya hanya memiliki gabungan titik-titik fisik (*point cloud*) sehingga kenampakan citra fisik ditentukan oleh cahaya yang menerpanya. Pantulan cahaya dari benda tersebut yang kemudian diinterpretasi oleh optik dan syaraf manusia sebagai warna. Oleh karena itu, dalam prosedur ini identitas cahaya adalah hal yang mutlak. Beberapa hal yang diatur dalam penyediaan cahaya dalam prosedur ini antara lain:

- a) Intensitas cahaya; dinyatakan dalam satuan lux, yaitu banyaknya gelombang cahaya yang menerpa sampel teramati dengan kesan gelap atau terangnya objek;
- b) Kehangatan cahaya; dinyatakan dalam satuan Kelvin ($^{\circ}\text{K}$), yaitu tingkat kehangatan cahaya atau dominasi panjang dan frekuensi gelombang dalam berkas cahaya menerpa. Dalam hal ini, cahaya diatur dalam penangkapan kamera dengan standar 6000 K (CIE Illumination D65) yang mewakili kehangatan cahaya alam siang hari saat kondisi cerah.
- c) Sumber cahaya, dalam pengambilan sampel dibutuhkan pengendalian cahaya secara penuh, sehingga cahaya alam tidak digunakan sebagai sumber cahaya utama. Sumber cahaya yang digunakan adalah lampu LED yang mudah diatur intensitas atau kekuatan serta kehangatannya. Setiap sampel akan menggunakan minimal dua sumber cahaya yang diposisikan secara terukur, baik secara koordinat maupun sudut pancaran cahaya. Sampel terpilih akan dilakukan pemotretan dengan berbagai tingkatan pencahayaan intensitas dan kehangatan.

c. Variabel data lain

Dalam proses pemantauan atau perekaman berulang, faktor kondisi lingkungan pada saat perekaman awal penting untuk diperhatikan untuk membangun kekonsistenan. Terutama terkait dengan musim dan waktu perekaman, karena faktor-faktor tersebut turut menentukan tingkat pencahayaan dan kelembapan ruang dan objek.

1.6.2. Pengolahan dan Analisis

Kenampakan warna objek diyakini sangat relatif berdasarkan sifat-sifat benda, cahaya, metamirisme, dan kemampuan optik individual manusia sebagai pengamat. Kenampakan secara utuh objek adalah kesan pribadi setiap pengamat,

dapat saja sangat berbeda jika dibandingkan dengan pembacaan alat optik buatan atau digital. Warna yang diidentifikasi pada permukaan benda tertentu adalah merupakan penggabungan dari unsur warna terkecil yaitu pixel. Dalam sistem visual manusia, warna tampak seperti beberapa warna dilihat secara buram sehingga sejumlah besar gradasi disatukan dalam satu kesan.

Untuk merekam warna tangkapan dari sampel, maka penulis menggunakan kamera digital dan disimpan dalam bentuk digital dalam format *Joint Photographic Experts Group* (JPEG). Pilihan ini didasari pada penggunaan format ini yang umum, lebih ringan dalam penyimpanan, dan dapat dibuka dengan berbagai aplikasi grafis untuk tampilan dan analisis. Dibanding dengan file dalam format RAW, JPEG dianggap lebih rendah kualitasnya karena mengalami sedikit kompresi, tetapi kenyataannya format ini tidak mengorbankan kualitas file sepanjang tidak dilakukan pengolahan (edit).

a. Aplikasi Pengolahan Digital

Pengolahan sampel foto pada prinsipnya hanya untuk menampilkan warna gambar secara lebih detail hingga tingkat pixel. Pembesaran yang dilakukan memungkinkan untuk mengidentifikasi setiap pixel dengan nilai RGB, Lab, dan CMYK. Setiap pixel dengan datanya harus dapat dikenali secara permanen, sehingga dibutuhkan identitas letak pixel dengan sistem koordinat 2D. Program Adobe Photoshop CS6 (64 bit) dipilih dengan pertimbangan teknis, praktis, tersedia, dan dapat memenuhi kebutuhan analisis RGB (untuk color pure), CIE Lab (untuk mekanisme psikofisik visual manusia), dan CMYK (dipertimbangkan untuk reproduksi dalam rangka konservasi/pemulihan). Aplikasi prinsip teori Trikromatik dijabarkan dengan metode identifikasi RGB/sRGB, sepenuhnya untuk mengidentifikasi elemen warna secara mendasar, menghasilkan nilai-nilai (numeric) atas spektrum merah (Red), hijau

(Green), dan biru (Blue). Sedangkan aplikasi teori proses diwakili oleh metode identifikasi dengan CIE Lab, yang mana mewakili sistem interpretasi warna yang meniru sistem persepsi warna oleh manusia. CIE Lab juga sering digunakan untuk edit digital, menghilangkan *noise* pada JPEG, menajamkan gambar, atau menormalisasi gambar dari kamera atau scanner. Sedangkan metode identifikasi yang disiapkan untuk mewujudkan warna (reproduksi warna) secara fisik atau cetak, digunakan metode identifikasi CMYK.

b. Analisis sampel

Oleh karena setiap sampel foto dengan kapasitas file 10 MB memuat setidaknya 24.000.000 pixel (350 dpi atau 350 ppi), sehingga hanya bagian kecil dari foto yang dapat dianalisis. Bagian terpilih sejak awal telah ditandai dengan dot laser total station, ditandai dalam foto. Pixel yang berada dalam cakupan dot laser (berukuran $\pm 200 \text{ mm}^2$) berisi sekitar 40.000 pixel.

c. Aplikasi Adobe Photoshop CS6

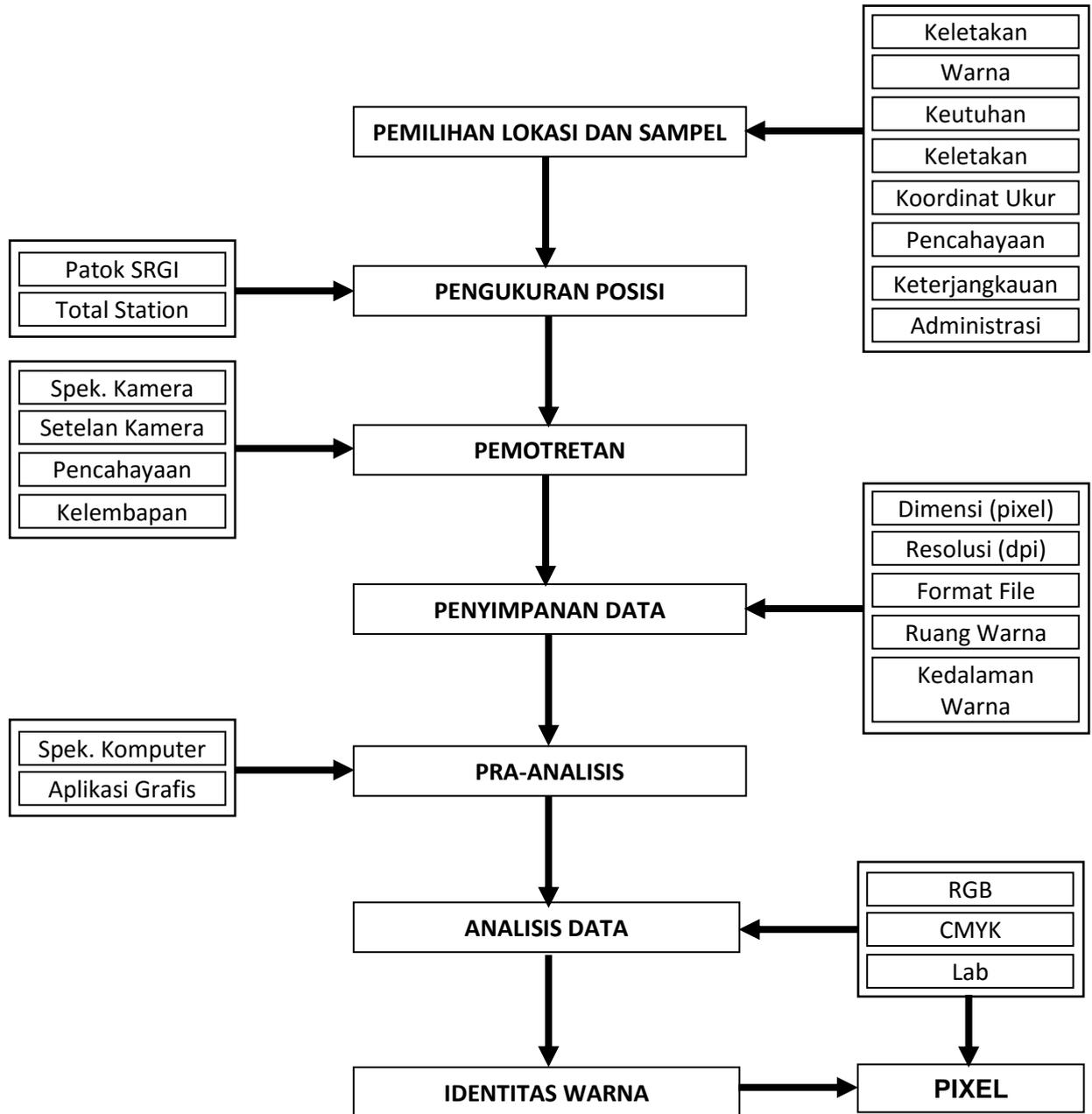
Aplikasi ini memiliki fasilitas info posisi kursor sehingga memudahkan dalam menandai dan membedakan kotak-kotak pixel beserta nilai-nilai ruang warnanya, baik RGB, CMYK, maupun Lab. Masing-masing pixel yang dianalisis diklasifikasi dalam tabel sebagai bukti rekaman nilai warna pada tingkat terkecil (pixel).

d. Faktor lain

Faktor lain yang diduga mempengaruhi tampilan warna perlu diperhatikan, yaitu waktu dan musim pengambilan sampel (pemotretan). Dalam prosedur berulang, maka variabel-variabel ini diduga cukup mempengaruhi spektrum cahaya yang dipantulkan permukaan objek sampel. Perbandingan data penting dilakukan kemudian.

Secara ringkas, metode penelitian ini akan diterapkan dengan alur kerja atau langkah kerja sebagaimana digambarkan pada skema berikut:

**ALUR KERJA
PENERAPAN METODE OBJEKTIF TIDAK LANGSUNG
UNTUK MENGENALI WARNA GAMBAR GUA DINDING PRASEJARAH
DI MAROS-PANGKEP, SULAWESI SELATAN**



Gambar 4. Skema alur kerja penelitian dengan Metode Objektif Tidak Langsung

1.6.3. Hasil dan Kontribusi

Metode objektif tidak langsung yang diterapkan dapat memberikan hasil uraian identitas warna secara detail pada tingkat pixel berupa angka-angka. Prosedur ini merupakan alternatif dari metode identifikasi kualitas warna gambar dinding gua yang mengutamakan prinsip non-kontak langsung dengan objek. Penggunaan metode kolorimeter tetap dapat dipertimbangkan dengan catatan bahwa pengukuran atau pemindaian dilakukan oleh orang yang terlatih atau tidak melakukan pengulangan. Perkembangan terakhir memperlihatkan adanya prototipe alat kolorimeter dan spektrofotometer dengan metode langsung tanpa kontak dengan objek memungkinkan dilakukan pada masa mendatang.

BAB II DATA SAMPEL

Berdasarkan tujuan penelitian dan manfaat yang diharapkan, maka penelitian ini mengusulkan suatu prosedur yang dapat digunakan secara berulang. Untuk itu pengujian langkah kerja yang diusulkan ini tidak mungkin dilakukan terhadap keseluruhan objek gambar gua-gua prasejarah di Kawasan Karst Maros-Pangkep. Demikian pula terkait dengan keterbatasan waktu penelitian dan masa studi, maka penelitian ini menggunakan objek-objek tertentu yang terpilih sebagai sampel. Objek tersebut adalah gambar-gambar atau lukisan dinding gua prasejarah yang merepresentasikan warna gambar-gambar atau lukisan-lukisan gua prasejarah Kawasan Karst Maros-Pangkep, yaitu warna-warna yang umum dikenali dari kawasan ini.

2.1. Kondisi Fisik Lingkungan Sampel

Sampel gambar yang berada dalam gua-gua batu kapur sangat ditentukan oleh kondisi lingkungan karst sebagai sebuah sistem alam, termasuk tampilan warnanya. Lingkungan karst yang merupakan sebuah sistem geologi dan geomorfologi dalam kawasan seluas 46.200 ha (Ahmad, dan Siady, 2006: 7), kondisinya dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama sistem geologi, biologi, klimatologi, dan hirdologi. Sistem geologi bekerja sebagai pembentuk bukit kapur yang tersusun dari batuan induk karbonat atau gamping yang kemunculannya terutama dipengaruhi oleh tenaga endogen. Karstifikasi dimulai ketika tenaga eksogen mulai bekerja membentuk permukaan, yaitu interaksi antara proses geokimia dan atmosfer, biosfer, dan hidrosfer. Topografi karst yang terbentuk adalah batuan karbonat yang telah mengalami proses pelarutan CO₂ oleh air hujan dan biogenik sisa tumbuhan, dicirikan oleh morfologi perbukitan berbentuk menara setinggi ± 300 meter, bertebing tegak bertekstur kasar, memiliki retakan-retakan,

rongga-rongga (*sink holes*), gua-gua (*caves*), mata air (*spring*), dan aliran sungai bawah tanah (Ahmad, 2011: 2-15).

Sampel diperoleh dari dua gua di antara 425 situs gua prasejarah yang telah diidentifikasi oleh Balai Pelestarian Cagar Budaya Sulawesi Selatan, yaitu Leang Jing di Kabupaten Maros dan Leang Parewe di Kabupaten Pangkep. Leang Jing yang berada di bukit tunggal Lopi-Lopi memiliki ruang sempit dengan langit-langit tinggi memanjang, berbentuk lorong-lorong yang rumit akibat struktur gamping penyusunnya yang tegak (vertikal). Temperatur udara Leang Jing berkisar antara 21°C-28°C dengan kelembapan antara 80-99%. Sedangkan Leang Parewe berada di salah satu bukit tunggal Bukit Parewe di lingkungan pesisir Kecamatan Bungoro, memiliki ruang yang lapang, luas, dan langit-langit tinggi dengan beberapa lorong yang tembus hingga sisi lain bukit. Model ruang ini akibat struktur gamping penyusunnya yang berlapis (horizontal), dengan kondisi lapuk dan rawan runtuh. Temperatur udara dalam ruang berkisar antara 22°C-45°C dengan kelembapan antara 42-82% (Anonim. 2019b: 44-45).

Selain faktor sifat internal gambar yang ditentukan oleh jenis bahan dan teknologinya, kenampakan warna juga sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan eksternalnya sebagaimana telah diuraikan di atas. Faktor eksternal tersebut dapat mengakibatkan kerusakan fisis dan mekanis, serta pelapukan kimiawi dan biologis. Selain faktor kondisi atmosfer, biosfer, dan hidrosfer, faktor eksternal lainnya yang sangat destruktif adalah aktivitas manusia (budaya modern). Warna gambar dapat tampil berbeda akibat terjadinya kerusakan dan pelapukan ketika mendapat tekanan atmosfer seperti penyinaran matahari, angin, suhu, dan kelembapan. Misalnya kerusakan fisis berupa pengelupasan pigmen dan kulit batu, atau retak/pecah pada media, dapat terjadi akibat adanya fluktuasi temperatur udara siang-malam yang ekstrim. Kerusakan mekanis berupa retak,

pecah, runtuh, bahkan hancurnya struktur batu terjadi akibat tekanan bersifat endogen seperti pengangkatan, sesar, patahan, pelipatan dan lainnya. Pelapukan kimiawi (*chemist*) berupa pengendapan lapisan karbonat baru akibat pelarutan yang terjadi dari bagian lain batuan oleh aliran air, permukaan aus akibat penggerusan air (*hydrolisis*), permukaan pecah akibat penggaraman, oksidasi oleh reaksi kimia air hujan, dan juga vandalisme oleh manusia. Demikian juga pelapukan biotis dapat terjadi berupa gambar tertutup oleh sarang serangga, gangguan akar tumbuhan, perumbuhan jamur, lumut, dan ganggang.

Terlepas dari faktor-faktor tersebut, penelitian ini hanya fokus untuk mengenali identitas warna yang dimiliki oleh gambar karena faktor internal saja. Oleh karena itu dalam memilih sampel, faktor-faktor eksternal tetap dipertimbangkan tetapi tidak menentukan, dalam artian sampel yang terpilih disyaratkan terbebas atau minim pengaruh eksternal tersebut.

2.2. Pemilihan Lokasi Sampel

Terdapat 296 situs gua prasejarah di Kawasan Karst Maros-Pangkep yang mengandung temuan gambar-gambar dinding gua prasejarah dengan berbagai kondisi dan jenis temuan. Gua-gua tersebut tersebar di kawasan seluas ± 46.200 ha, yang menjadi alasan utama pentingnya menetapkan alasan kuat dalam memilih lokasi sampel penelitian. Selain alasan warna, keterjangkauan dan kelengkapan titik pengukuran menjadi alasan kunci dalam pemilihan ini.

Untuk melaksanakan prosedur yang diusulkan, maka dibutuhkan titik permanen yang memiliki nilai koordinat akurat yang digunakan untuk menentukan titik sampel di dalam gua. Koordinat yang dimaksud adalah titik koordinat geografis dengan standar pengukuran geodetik yang ditetapkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) Republik Indonesia sebagai pedoman dalam penentuan titik koordinat di Indonesia. Ketersediaan titik yang memenuhi syarat ini masih sangat

terbatas, hanya terdapat 6 situs gua yang telah dipasang patok dengan nilai koordinat geodetik oleh BPCB Sulawesi Selatan.

Di antara situs-situs yang memiliki patok tersebut, penulis memilih untuk mengambil sampel di Leang Jing (Kabupaten Maros) dan Leang Parewe (Kabupaten Pangkep). Leang Jing menyediakan sampel gambar dengan pigmen berwarna merah dan putih, sedangkan Leang Parewe memiliki gambar dengan pigmen hitam, dan kuning. Koordinat geodetik yang telah ditransfer ke dalam gua dijadikan dasar untuk menentukan posisi koordinat sampel. Akurasi pengukuran titik sampel yang tinggi dibutuhkan agar memudahkan dalam penggunaan sampel sebagai titik pantau jika prosedur dilakukan berulang.

Selain itu, pemilihan jenis sampel juga mempertimbangkan kondisi fisik pigmen, yang didasarkan pada pengamatan visual. Variabel kondisi fisik pigmen yang disyaratkan antara lain:

- a. Ketersediaan jenis warna yang mewakili seluruh warna yang umum ditemukan di gua-gua prasejarah prasejarah di Kawasan Karst Maros-Pangkep. Warna-warna tersebut adalah antara lain; merah, hitam, putih, dan kuning;
- b. Tingkat ke-rata-an permukaan, yaitu sampel dipilih adalah gambar dengan permukaan yang paling rata, minim gelombang dan utuh;
- c. Tingkat kepadatan pigmen, yaitu kenampakan secara visual sebaran pigmen yang merata dan padat (*solid*);
- d. Terbuka, yaitu permukaan pigmen tidak tertutup oleh material lain;
- e. Tingkat keterjangkauan; yaitu posisi objek sampel terletak pada posisi yang cukup terjangkau dan memudahkan serta tidak membahayakan dalam proses pengambilan foto sampel. Demikian pula posisi sampel mempertimbangkan posisi yang terjangkau oleh alat ukur total station.

Selain itu, pemilihan keduanya dengan pertimbangan kondisi fisik ruang situs dan lingkungannya. Pemilihan kedua gua sebagai sampel terkait dengan kondisi ruang, yaitu Leang Jing mewakili sampel yang berada di ruang gelap sehingga panel sampel sama sekali tidak terpapar cahaya alam secara langsung, sedangkan Leang Parewe mewakili sampel yang berada di ruang yang terbuka dan diterpa cahaya alam secara langsung. Demikian pula dengan lingkungan situs, keduanya cukup berbeda. Leang Jing menghadap ke utara dengan ruang depan yang cukup terlindungi oleh vegetasi yang rindang, sedangkan Leang Parewe menghadap ke arah barat dengan ruang depan gua yang terbuka dan menghadap langsung ke tambak dan laut. Hal ini berkaitan erat dengan prospek pemantauan secara berlanjut, karena sebagaimana diketahui bahwa lingkungan laut dan pencahayaan turut berkontribusi pada kondisi warna gambar.

2.3. Jenis Sampel

Sebagaimana telah diuraikan bahwa sampel terpilih harus mewakili masing-masing warna gambar/lukisan dinding yang umum ditemukan dan dikenali jenis warnanya secara umum. Warna merah, hitam, kuning, dan putih adalah jenis warna yang sering ditemui dan merupakan warna-warna yang dianggap dapat diterima oleh sebagian besar orang. Variasi warna sampel dipilih dari objek-objek gambar atau lukisan yang tersedia di gua-gua yang telah memiliki titik koordinat geodetik. Berdasarkan bentuknya dan teknologinya, semua sampel terpilih merupakan pigmen dari gambar cap tangan (*hand stensil*) yang dibuat dengan teknik cetak.

Sedangkan jenis warna lain yang mewakili bentuk dan teknologi selain cetak, cukup terwakili dengan warna pada gambar cetak. Pada umumnya warna yang digunakan pada gambar yang menggunakan teknologi coret/gores dan lukis adalah warna hitam dan merah. Untuk itu, penulis memutuskan untuk tidak

mengambil sampel dari gambar-gambar yang menggunakan teknologi penggambaran selain cetak tersebut.

2.4. Jumlah Sampel

Berdasarkan pada pertimbangan-pertimbangan dan prasyarat tersebut di atas, maka penulis memilih 5 sampel sebagai berikut:

- a. 1 sampel berwarna merah terang, diperoleh dari Leang Jing;
- b. 1 sampel berwarna merah gelap, diperoleh dari Leang Parewe;
- c. 1 sampel berwarna hitam, diperoleh dari Leang Jing;
- d. 1 sampel berwarna kuning, diperoleh dari Leang Parewe, dan
- e. 1 sampel berwarna putih, diperoleh dari Leang Parewe

Untuk warna merah, penulis membedakannya menjadi dua kategori, yaitu merah gelap dan merah terang sebagaimana pada umumnya pengamat dapat membedakan kedua kategori tersebut. Sedangkan penentuan jumlah sampel, masing-masing warna diwakili 1 sampel dengan pertimbangan bahwa dalam analisis, 1 sampel dapat memuat hingga 40.000 pixel yang dapat dianalisis.

Panel gambar Leang Jing yang menampilkan posisi 3 sampel (ditandai dengan dot laser) yang mewakili warna merah terang (*light red/JLR*), merah gelap (*dark red/JDR*), dan warna putih (*white/JW*). Berdasarkan letak warna dan letaknya, 5 sampel terpilih dari 2 situs dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Jenis dan keletakan sampel pada panel gambar Leang Jing



Gambar 6. Jenis dan keletakan sampel gambar berpigmen hitam pada panel gambar Leang Parewe



Gambar 7. Jenis dan keletakan sampel gambar berpigmen kuning pada panel gambar Leang Parewe

Namun demikian, sebagai perbandingan pengaruh cahaya terhadap tampilan warna, maka sampel dari 2 Panel gambar di Leang Parewe dilakukan pemotretan sampel berulang dengan tingkat pencahayaan berbeda. Masing-masing 2 tingkatan pencahayaan pada sampel kuning, dan 3 tingkat pencahayaan pada sampel hitam. Pemotretan yang menampilkan posisi 2 sampel (ditandai dengan dot laser) pada masing-masing panel yang mewakili warna hitam (*Black/PWB*) dan warna kuning (*Yellow/PWY*). Berikut spesimen sampel yang diperoleh dari 2 situs, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesimen Sampel Warna Gambar

No	Situs	Kode	Warna	Cahaya (Lux)	Kelembapan (% Sp)	Ket
1	Leang Jing	JLR	Merah Terang	310	10,8	
2	Leang Jing	JDR	Merah Gelap	310	9,0	
3	Leang Jing	JW	Putih	310	10,8	
4	Leang Parewe	PWY-1	Kuning	3060	9,4	
5	Leang Parewe	PWY-2	Kuning	2000	9,4	
6	Leang Parewe	PWB-1	Hitam	3150	8,4	
7	Leang Parewe	PWB-2	Hitam	2000	8,4	
8	Leang Parewe	PWB-3	Hitam	1000	8,4	

2.5. Teknik dan Prosedur Pengambilan

Oleh karena prosedur ini disiapkan untuk dapat dilakukan secara berulang dan posisi yang konsisten, dengan tujuan agar hasil pemotretan dapat menghasilkan foto-foto sampel yang identik, maka faktor posisi koordinat objek dipastikan akurat. Untuk itu, titik koordinat geodetik dengan akurasi tinggi sangat disyaratkan. Patok dengan nilai koordinat geodetik harus disertai dengan tingkat akurasi tinggi agar pada analisis atau penggunaan data selanjutnya dapat dikoreksi apabila terjadi distorsi. Pergeseran titik sampel dapat terjadi jika pada saat pengukuran atau pencarian kembali titik tidak dilakukan dengan hati-hati dan

teliti. Demikian pula dengan peralatan ukur (total station atau sejenis) yang dapat mengalami kegagalan akurasi atau yang disebabkan tidak dilakukan kalibrasi alat.

Posisi koordinat ditransfer ke dalam gua dengan menggunakan alat ukur total station ke titik Patok Gua yang kemudian digunakan untuk mengukur posisi koordinat sampel yang telah dipilih sebelumnya. Posisi total station saat mengukur sampel juga telah terkoordinatkan, dengan terlebih dahulu mengoreksi dengan menguji posisi patok gua dan titik terukur lainnya, biasanya menggunakan titik patok bantu atau BS patok gua. Pemilihan titik berdiri alat ukur mempertimbangkan posisi yang tegak lurus terhadap permukaan bidang gambar yang menjadi sampel. Hal ini dilakukan agar dot laser yang jatuh ke permukaan panel gambar membentuk pola yang simetris sehingga memudahkan dalam proses identifikasi dan analisis. Pada posisi yang telah ditentukan tersebut, total station menandai objek sampel dengan melakukan plotting untuk menemukan koordinat sampel menggunakan koordinat UTM sebagaimana dilihat pada Tabel 2. Dan Tabel 3.

Total Station yang digunakan untuk mentransfer koordinat geodetik adalah Topcon E series (Topcon ES 105), dengan spesifikasi tingkat akurasi tanpa prisma 3 mm + 2 ppm pada jarak objek antara 0,3-200 meter. Sedangkan patok BM dan BS yang digunakan sebagai referensi adalah Patok yang dibuat oleh BPCB Sulawesi Selatan yang telah tersedia di kedua situs. Patok-patok tersebut dibuat dengan menggunakan Sokkia GCX2 dan Leica GNSS Viva GS08 Plus dengan base Patok ID G720-TTG0092 milik Sistem Referensi Geospasial Indonesia, Badan Informasi Geospasial (SRGI-BIG) dengan nilai koordinat UTM x 9443615,505; y 785021,745; dengan elevasi geoid 63,61 (13,074 mdpl).

Tabel 2. Posisi Sampel dan Titik Ukur Sampel di Leang Jing

No	Nama	Posisi (UTM)		
		X	Y	z (mdpl)
1	Patok Datum (BM)	793852,164	9447782,385	13,074
2	Patok Gua	793870,058	9447671,057	23,049
3	Posisi Total Station	793873,425	9447662,626	20,710

4	Sampel JW	793872,027	9447662,134	24,232
5	Sampel JDR	793871,714	9447662,282	24,157
6	Sampel JLR	793872,052	9447662,125	24,239

Tabel 3. Posisi Sampel dan Titik Ukur Sampel di Leang Parewe

No	Nama	Posisi (UTM)		
		Y	Y	z (mdpl)
1	Patok Datum (BM)	779339,308	9469534,062	3,344
2	Patok Gua	779361,615	9469531,552	27,671
3	Posisi Total Station	779368,219	9469520,863	25,914
4	Sampel PWY	779367,12	9469518,083	30,185
5	Sampel PWB	779372,579	9469518,403	31,248

Pada prinsipnya, data yang dibutuhkan adalah citra digital dari permukaan gambar atau lukisan dinding gua yang menggambarkan warnanya secara nyata dan apa adanya. Untuk kebutuhan tersebut maka dipilih metode perekaman digital dengan menggunakan kamera digital jenis Mirrorless Sony α 6 ILCE-6000 dengan spesifikasi yang dapat dilihat di <https://www.sony.co.id/en/electronics/interchangeable-lens-cameras/ilce-6000-body-kit/specifications>

Kamera ditempatkan pada titik yang posisinya tegak lurus terhadap permukaan panel dimana sampel berada dan pada jarak yang memungkinkan untuk pengambilan gambar dengan lensa makro. Untuk kepentingan analisis unsur dasar warna dibutuhkan citra permukaan pigmen yang detail sehingga diharuskan menggunakan lensa makro. Demikian pula bahwa untuk memperoleh citra foto yang detail tersebut dan kebutuhan untuk proses pengutipan foto yang berulang maka digunakan tripod sebagai penopang kamera yang stabil. Kemungkinan untuk mengulangi proses beberapa kali diantisipasi pula dengan penggunaan tripod ini. Dalam proses ini kamera yang digunakan adalah kamera dengan lensa berkemampuan pengutipan gambar objek secara makro.

Setelah kamera dipasang pada posisi yang ideal, maka selanjutnya diatur penempatan lampu untuk pencahayaan buatan. Lampu yang digunakan adalah

jenis *light emitting diode* (LED) dengan panjang gelombang 450 nm yang menghasilkan efek cahaya putih menyerupai kehangatan cahaya matahari pada siang hari. Lampu jenis LED ini menghasilkan cahaya putih dengan kehangatan yang mewakili kondisi cahaya alami pada siang hari yang cerah, disetarakan dengan kehangatan cahaya 6000 K atau CIE illumination D65 (6504 K), dikenal dengan nada warna netral (Johansson, 2004: 10). Penggunaan lampu disesuaikan dengan kebutuhan atas pencahayaan menyeluruh pada permukaan panel sampel. Untuk itu digunakan minimal 2 sumber cahaya agar permukaan panel yang tidak rata dan bergelombang dapat diterangi secara merata. Pada ruang gua dengan pencahayaan rendah atau tidak ada sama sekali, penempatan lampu masing-masing bersebelahan dengan sudut pantulan cahaya tegak lurus terhadap kamera agar tidak menimbulkan silau.

Setelah kamera dan lampu telah ditempatkan pada posisi yang tepat, total station melakukan pencarian titik sampel dengan metode *stakeout* koordinat. Titik koordinat yang ditandai dengan dot laser kemudian diperiksa ketepatannya sesuai dengan posisi sampel yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk menandai posisinya, sampel dipotret pada saat dot laser masih pada posisi menandai sebagai rekaman dalam format digital. Perekaman foto ini dilakukan pada tiga tingkatan, yaitu:

- a. Tingkatan Pertama yaitu rekaman foto dengan cakupan panel keseluruhan yang memperlihatkan posisi gambar dan titik sampel terhadap panel;
- b. Tingkatan Kedua yaitu rekaman foto dengan cakupan gambar utuh objek yang memperlihatkan posisi titik sampel terhadap gambar, dan
- c. Tingkatan Ketiga yaitu rekaman foto makro sampel yang ditandai dengan dot laser memperlihatkan posisi detail sampel pada permukaan gambar

Pada posisi tersebut seluruh alat ukur, total station, kamera, dan lampu dipastikan tidak bergeser atau pada posisi yang stabil. Selanjutnya pemotretan sampel secara makro dilakukan dengan mematikan laser total station dengan terlebih dahulu mengukur kelembapan permukaan batu/panel sampel. Titik pengukuran kelembapan menggunakan protimeter tipe mini (GE Protimeter-Digital-Mini BLD 5702) pada titik terdekat dengan sampel. Pemilihan titik pengukuran kelembapan dipilih dengan ketentuan bahwa permukaan dipastikan tidak tertutup atau tidak mengandung pigmen gambar.

Sebelum melakukan pemotretan, sampel dipastikan memperoleh pencahayaan secara merata dan diukur intensitasnya. Pengukuran cahaya menggunakan lightmeter (luxmeter) dengan posisi sensor cahaya lightmeter pada saat pengukuran tepat di depan sampel menghadap arah sumber cahaya secara seimbang. Posisi sumber cahaya atau lampu dipastikan tetap stabil sepanjang pemotretan berlangsung. Demikian pula dengan arah hadap sensor lightmeter tetap pada posisi yang sama secara stabil. Hal ini penting diperhatikan sebab posisi sensor sangat peka terhadap paparan cahaya yang dapat menyebabkan perubahan pembacaan intensitas tangkapan cahaya.

Seluruh variabel yang menjadi spesifikasi alat, letak atau posisi, dan hasil ukur dicatatkan dalam sebuah catatan khusus, untuk mem"backup" data yang terekam otomatis secara digital di dalam peralatan yang digunakan. Secara khusus, data foto hasil rekaman sampel dilengkapi dengan seluruh variabel yang menentukan tampilan warnanya, baik secara langsung maupun tidak langsung. Rekaman seluruh variabel tersebut dapat digunakan untuk mengoreksi seluruh proses beserta data yang dihasilkan apabila dalam proses pengolahan, analisis, dan pengulangan prosedur terjadi bias atau kejanggalan data.

2.6. Penyimpanan

Penyimpanan data hasil pengambilan sampel dipastikan keamanannya karena sampel yang telah dianalisis, selalu dibutuhkan untuk perbandingan terhadap data dan hasil analisis terbaru. Setiap data yang dihasilkan akan selalu menjadi data pembanding pada tahapan selanjutnya untuk mengetahui ada tidaknya perubahan warna. Perbandingan data tersebut dapat menghasilkan bukti terjadi atau tidak terjadinya perubahan pada objek sampel.

Jenis penyimpanan data dan hasil-hasil analisis dalam bentuk digital, berupa file foto dengan format JPEG (JPG) dan pengolahan dalam rangka analisis dalam format .psd (type Adobe Photoshop Image 13). File dengan format psd yang digunakan untuk menganalisis, tidak dapat diubah atau diedit untuk menjaga format file tidak ada perubahan. Format-format file ini di-*back up* dengan file dengan format RAW sebagai antisipasi terjadinya kerusakan pada format file JPG. Untuk kepentingan selanjutnya atau pengulangan prosedur, khususnya dalam rangka pemantauan degradasi warna dalam konteks pelestarian, maka struktur data hasil rekaman perlu dirangkum dalam sebuah sistem penyimpanan digital dalam bentuk pangkalan data (*Data Base*).