

TESIS

**SISTEM INFORMASI SUMBER DAYA ARKEOLOGI PRASEJARAH
DI SUBKAWASAN KARST LEANG LEANG DAN BULU SIPONG
BERBASIS WEB-GIS**

***INFORMATION SYSTEM OF PREHISTORIC ARCHAEOLOGICAL RESOURCE
IN LEANG LEANG AND BULU SIPONG KARST SUB-AREA
BASED ON WEB-GIS***

Disusun dan diajukan oleh:

IMRAN ILYAS

F042192001



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

2024

**SISTEM INFORMASI SUMBER DAYA ARKEOLOGI PRASEJARAH
DI SUBKAWASAN KARST LEANG LEANG DAN BULU SIPONG
BERBASIS WEB-GIS**

***INFORMATION SYSTEM OF PREHISTORIC ARCHAEOLOGICAL RESOURCE
IN LEANG LEANG AND BULU SIPONG KARST SUB-AREA
BASED ON WEB-GIS***

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Arkeologi

Disusun dan diajukan oleh:

IMRAN ILYAS

F042192001



Kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER ARKEOLOGI
FAKULTAS ILMU BUDAYA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

**SISTEM INFORMASI SUMBER DAYA ARKEOLOGI PRASEJARAH
DI SUBKAWASAN KARST LEANG LEANG DAN BULU SIPONG
BERBASIS WEB-GIS**

IMRAN ILYAS

NIM: F042192001

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Program Arkeologi Fakultas
Ilmu Budaya Universitas Hasanuddin
pada tanggal 24 Januari 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui:

Pembimbing Utama



Dr. Muhammad Nur, M.A.
NIP 197009112005021004

Pembimbing Pendamping



Dr. Ilham Alimuddin, ST., M.Gis
NIP 196908251999031001

Ketua Program Studi
Magister Arkeologi



Dr. Khadijah Tahir Muda, M.Si
NIP196511041999032001

Dekan Fakultas Ilmu Budaya
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Akir Duli, M.A.
NIP196407161991031010

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul “Sistem Informasi Sumber Daya Arkeologi Prasejarah di Subkawasan Karst Leang Leang dan Bulu Sipong Berbasis WEB-GIS” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Bapak Dr. Muhammad Nur, M.A., sebagai Pembimbing Utama dan Bapak Dr. Ilham Alimuddin, ST., M.Gis., sebagai Pembimbing Pendamping. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan melalui 2023 Prosiding Asian Conference on Remote Sensing (ACRS2023) yang merupakan pertemuan teknis resmi dan pertemuan tahunan Asian Association on Remote Sensing (AARS) yang diselenggarakan oleh Chinese (Taipei) Society of Photogrammetry and Remote Sensing, National Central University, dan Asian Association on Remote Sensing, di TaiNEX2, Taipei, tanggal 30 Oktober hingga 3 November 2023. Paper dipresentasikan pada tanggal 31 Oktober 2023 di TaiNEX2, Taipei, Taiwan, Nomor Paper; ACRS2023383, sebagai artikel dengan judul “Creating A WEB-GIS Application for Prehistoric Hand Print Caves Inventory in UNESCO Global Geopark Maros Pangkep Geosites, Indonesia”

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 24 Januari 2024



Imran Ilyas
NIM. F042192001

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puja dan puji penulis tidak akan luput panjatkan kepada Allah Yang Maha Esa, pencipta alam semesta beserta isinya, tiada daya kecuali hanya pertolongan-Nya lah sehingga karya tulis ilmiah ini dapat terwujud tepat sebagaimana dengan waktu jatuh temponya. Tak lupa penulis kirimkan salam dan taslim kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan hidayah, termasuk kepada keluarga-keluarga serta sahabat-sahabatnya, Amiin.

Setiap rangkaian kata dalam tiap lembaran karya tulis ini tidak akan terwujud utuh, jika tidak mendapat bantuan dari orang-orang hebat yang senantiasa mendidik, membimbing serta membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu pertama-tama, penulis harus menyampaikan ucapan terima kasih kepada 2 rektor yang menjabat selama penulis terdaftar sebagai mahasiswa S2, yaitu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A., selaku Rektor Universitas Hasanuddin (UNHAS) periode 2018-2022 dan Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor UNHAS periode 2022-sekarang, selanjutnya ucapan terima kasih kepada Prof. Dr. Akin Duli, M.A, selaku Dekan Fakultas Ilmu Budaya (FIB) UNHAS, sekaligus sebagai dosen penulis sejak S1 dan penguji penulis pada rangkaian ujian proposal hingga ujian tutup, segala bantuan kebijakan dan masukan beliau disela-sela kesibukannya yang begitu padat penulis anggap sebagai bantuan tak terhingga. Kemudian, penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Fathu Rahman, M.Hum, selaku Wakil Dekan Bidang Akademik, Riset dan Inovasi FIB UNHAS.

Sungguh penulis mendapat ketidakberdayaan jika tidak mendapat stimulan intensif dari sosok Dr. Khadijah Thahir Muda, M.Si. selaku Ketua Program Studi S2 Arkeologi dan sekaligus sebagai penguji penulis, beliau memberikan bantuan yang tak terhitung jumlahnya selama proses perkuliahan hingga pencapaian gelar magister penulis. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Muhammad Nur, M.A. selaku pembimbing utama dan Dr. Eng. Ilham Alimuddin, ST., M. GIS sebagai pembimbing pendamping yang tentunya telah memberikan saran dan kritik yang konstruktif dalam penulisan tesis ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen pada Program Studi Arkeologi, Pascasarjana FIB UNHAS, yaitu kepada Dr. Rosmawati, M.Si., dan juga selaku dosen penguji, Drs. Iwan Sumantri, M.A., Dr. Erni Erawati Lewa,

M.Si., Dr. Hasanuddin, M.Hum., Dr. Andi Muhammad Akhmar M.Hum., M.Si., Dr. Yadi Mulyadi, M.A., Dr. Supriadi, M.A., Yusriana, M.A., dan Nur Ihsan Djindar S.S., M.A., yang telah memberikan ilmu yang dalam selama menjadi mahasiswa (S1 dan S2) maupun dalam ruang-ruang informal. Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada staf administrasi Pascasarjana FIB UNHAS, Bapak Muchtar Jaya, S.T, dan Kanda Satria Karsa, S.S, serta seluruh staf pada Sekolah Pascasarjana UNHAS, yang telah membantu proses administrasi dalam penyelesaian studi magister yang begitu rumit, tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada senior kanda Burhan Kadir, S.S., M.A. yang telah membantu pengurusan administrasi di balik layar. kakanda penulis di UNHAS yang cukup banyak memberikan kontribusi dalam membentuk pola pikir penulis seperti sekarang, Kanda Nur Ihsan Djindar, S.S., M.Hum., Fardi Ali Syahdar, S.S, Basran Burhan, S.S, Ratno Sardi, S.S., dan Andi Muhammad Saiful, S.S., M.A.

Terima kasih kepada Drs. Laode Muhammad Aksa, M.Hum., atas kebijakan beliau sebagai Kepala Balai Pelestarian Kebudayaan (BPK) Wilayah XIX Wilayah XIX (dulu Balai Pelestarian Cagar Budaya Provinsi Sulawesi Selatan) yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh pendidikan. Ucapan terima kasih pula penulis ucapkan kepada seluruh rekan-rekan BPK Wilayah XIX yang telah memberi dorongan dan *support* dalam proses penyelesaian studi penulis, kemudian ucapan terima kasih tak terhingga atas diskusi, dukungan, dan stimulan dari senior dan rekan-rekan penulis di Kantor BPK Wilayah XIX, yaitu Andi Jusdi, S.S., M.Hum., Abdullah, S.S., M.Hum., Iswadi S.S., M.A., Muhammad Tang, S.S., M.Hum., Andi Irfan Syam, S.S., M.Si., Fatriani Farah, S.S., Muhammad Akram Arsyad, S.S., Andini Perdana, S.S., M.Hum., Anggi Purnamasari, S.S., M.Hum., Darfin, S.S., Eko Ali Kartono, S.S., Dedi Darmadi, Nur Fadhilah Amalia, A.Md., Tak lupa ucapan terima kasih kepada sosok senior panutan Rustan, S.S., M.Hum., yang kini telah menjadi Manajer Cagar Budaya Indonesia Bagian Timur pada Museum dan Cagar Budaya (MCB), dan sosok kanda Dewi Susanti, S.S., M.A., yang kini memajukan kebudayaan di BPK Wilayah XXIII, kepada teman se-perjuangan Chalid AS., S.S dan Ersya Dwi Riyanto, S.S. yang selama ini berjuang bahu-membahu untuk satu tujuan untuk hidup yang lebih indah, serta teman sejawat Ganesha 05 tanpa terkecuali, termasuk yang kini telah menjadi Dosen Program Studi S1 Departemen Arkeologi Suryatman, S.S., M.Hum.

Karya tulis yang merupakan pencapaian tertinggi ini, ku persembahkan kepada kedua “malaikat” yang senantiasa menyembunyikan sayapnya ibunda Hj. ST. Sairah, S.Pd., dan ayahanda Ilyas yang telah memberikan “segala sesuatu” yang tidak dapat dirunut satu-satu maupun dirangkai dengan kata dan tulisan indah sekalipun, kemudian Kepada istri terkasih Nur Muliani Yunus, S.ST yang terus menerus menyokong tanpa kenal lelah, dan kedua putra ku M. Azzam Nuril Sabbelawang dan M. Albiruli La Mangerangi yang merupakan tempat kami menaruh harapan agar kelak menjadi orang yang berharga, tak lupa kepada seluruh keluarga yang tidak dapat disebut satu persatu dan keturunan-keturunan ku kelak yang belum dapat disebutkan.

Akhirnya penulis sadari bahwa jika tak retak niscaya bukan gading, ungkapan tersebut berkonotasi bahwa kesempurnaan hanya milik Allah S.W.T., namun dari lubuk hati terdalam meskipun secuil harapan, tesis ini dapat berkontribusi dalam melestarikan situs prasejarah di Kawasan Karst Maros Pangkep.

Makassar, 24 Januari 2024

Penulis.

Imran Ilyas

ABSTRAK

Imran Ilyas. “Sistem Informasi Sumber Daya Arkeologi Prasejarah di Subkawasan Karst Leang Leang dan Bulu Sipong Berbasis WEB-GIS”, dibimbing oleh Muhammad Nur dan Ilham Alimuddin.

Sumber daya arkeologi di Kawasan Karst Maros-Pangkep telah menjadi fokus penelitian dan pelestarian yang berkelanjutan. Keberadaan gambar gua prasejarah di Leang Tedongnge, yang berasal dari 45,5 ribu tahun yang lalu, menjadikan Kawasan Karst Maros-Pangkep sangat penting sebagai patokan peradaban manusia. Temuan penelitian yang menyoroti usia gambar prasejarah mendorong penyelidikan lintas disiplin, terutama dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan kualitas gambar-gambar prasejarah. Keterlibatan UNESCO dalam mengatur kawasan karst semakin meningkatkan urgensi studi terkait sumber daya arkeologi prasejarah di tingkat global. Penelitian ini secara khusus berfokus pada pengembangan sistem informasi sumber daya arkeologi prasejarah di Kawasan Karst Maros-Pangkep berbasis WEB-GIS. Pertumbuhan kebutuhan data, peningkatan jumlah situs prasejarah, dan kurangnya aksesibilitas data mendorong perlunya solusi yang efektif dan efisien. Untuk memahami dan melindungi sumber daya ini, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem informasi berbasis GIS yang dapat diakses melalui platform WEB. Sistem ini bertujuan menyediakan akses terstruktur dan terorganisir terhadap data sumber daya arkeologi, mendukung pengelolaan, pelestarian, dan penggunaan data dengan lebih efisien. Implementasi sistem informasi sumber daya arkeologi melibatkan ArcGIS Online dan Experience Builder. Sistem informasi ini diharapkan dapat digunakan untuk berbagai kepentingan antara lain, analisis data, penunjang kebijakan pelestarian, dan penelitian lebih lanjut. Pembuatan peta GIS berbasis WEB yang dapat diakses secara daring ini diwujudkan sebagai solusi untuk menyampaikan informasi dengan mudah dan cepat kepada publik, serta mendukung pembangunan kebijakan berkelanjutan di Kawasan Karst Maros-Pangkep.

Kata kunci: Situs Prasejarah, Kawasan Karst Maros-Pangkep, Sistem informasi, data spasial, WEB-GIS.

ABSTRACT

Imran Ilyas, Information System of Prehistoric Archaeological Resource in Leang Leang and Bulu Sipong Karst Sub-Area Based On WEB-GIS. Supervised by Muhammad Nur and Ilham Alimuddin.

The archaeological potential in the Maros-Pangkep Karst Area has been a continuous focus of research and preservation efforts. The existence of prehistoric rock art at Leang Tedongnge, dating back 45.5 thousand years, establishes the Maros-Pangkep Karst Area as an important benchmark for human civilization. Research findings that highlight the age of prehistoric rock art encourage multidisciplinary investigations, especially in identifying factors that influence the deterioration of these ancient images. UNESCO's involvement in regulating this karst area increases the urgency of prehistoric archaeological resources studies on global scale. This research specifically focuses on developing a prehistoric archaeological resource information system in Maros-Pangkep Karst Area based on WEB-GIS. The growing demand for data, the increasing number of prehistoric sites, and the lack of data accessibility necessitate an effective and efficient solution. To comprehend and protect/preserve these resources, the study proposes the development information system based on GIS which accessed through the WEB platform. The system aims to provide structured and organized access to archaeological resource data, support more efficient management, preservation, and the use of data. The implementation of the archaeological resource information system involves ArcGIS Online and Experience Builder. The system information is expected to be used for various purposes, including data analysis, supporting preservation policies, and further research. GIS map creation based on WEB which can be accessed online is realized as a solution to convey information easily and quickly to the public, and support sustainable policies development in the Maros-Pangkep Karst Area.

Key Words: Prehistoric sites, Maros-Pangkep Karst Area, Information system, spatial data, WEB-GIS.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGAJUAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan.....	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	6
1.4. Manfaat Penelitian.....	6
1.5. Lingkup Penelitian.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1. Sistem Informasi Geografis (SIG).....	10
2.2. Sistem Informasi Geografis dalam Arkeologi.....	12
2.3. Penerapan Sistem Informasi Geografis dalam Pelestarian Kawasan Gua Gua Prasejarah.....	15
2.4. Sistem Informasi Berbasis WEB-GIS.....	17
BAB III METODE DAN DATA GEOSPASIAL.....	19
3.1. Metode Penelitian.....	20
3.1.1. Pengumpulan data.....	21

3.1.2. Pengklasifikasian dan verifikasi data	21
3.2. Data Geospasial	22
3.2.1. Subkawasan Leang Leang	24
1. Leang Allebireng	27
2. Leang Ambe Pacco	29
3. Leang Bara Jarang	30
4. Leang Bara Tedong 1	31
5. Leang Bara Tedong 2	33
6. Leang Bulu Bettue	33
7. Leang Burung I dan Leang Burung II	35
8. Leang Elle Pusae	36
9. Leang Pabbuno Juku	36
10. Leang Pajae	38
11. Leang Pangia	39
12. Leang Pellenge	39
13. Leang Petta Kere	40
14. Leang Pettae	41
15. Leang Samalea	42
16. Leang Sampeang	43
17. Leang Tinggiada	44
18. Leang Ulu Leang	45
19. Leang Uluwae	46
3.2.2. Subkawasan Bulu Sipong	47
1. Leang Bulu Sipong 1	49
2. Leang Bulu Sipong 2	52
3. Leang Bulu Sipong 3	53
4. Leang Bulu Sipong 4	55
5. Leang Bulu Sipong 5	59

6.	Leang Bulu Sipong 6	60
7.	Leang Bulu Sipong 7	61
8.	Leang Bulu Sipong 8	63
3.2.3.	Data Pelestarian dan Ancaman	65
3.2.4.	Pengolahan Data.....	66
BAB IV SIMULASI DAN RUMUSAN SISTEM INFORMASI BERBASIS WEB-GIS		69
4.1.	Hasil Akuisisi Data	69
4.1.1.	Sumber daya arkeologi	69
4.1.2.	Data Pelestarian dan Ancaman	71
4.2.	Simulasi pengolahan data	72
4.3.	Rumusan Sistem Informasi Berbasis WEB-GIS	75
BAB V PENUTUP		83
5.1.	Simpulan.....	83
5.2.	Rekomendasi.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....		88

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Variabilitas Temuan di Subkawasan Leang Leang	26
Tabel 2. Variabilitas Temuan di Subkawasan Bulu Sipong	48
Tabel 3. Zonasi Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung (Anonim, 2015b). .	66
Tabel 4. Koordinat dan Variabilitas Temuan di Subkawasan Leang Leang	69
Tabel 5. Koordinat dan Variabilitas Temuan di Subkawasan Bulu Sipong.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Perbesaran 100% (1:1) pada layout kertas cetak A3 dengan skala 1:170.000 cm dalam Arcgis desktop 10.8.	8
Gambar 2. Peta Eksisting Subkawasan Leang Leang	25
Gambar 3. Grafik Temuan Arkeologi di Subkawasan Leang Leang	27
Gambar 4. variabilitas temuan arkeologi di Leang Allebireng. a. Gambar fauna dan gambar tangan negatif (dengan peningkatan warna), b. gambar pola geometris sejajar dan berderet. c. breksi pada dinding gua di teras situs. (sumber: BPK XIX 2023)	28
Gambar 5. a. Tampak lokasi Leang Ambe Pacco dari areal persawahan (dok. BPK XIX. 2006), b. Permukaan teras gua dari luar pagar, c. Kondisi gambar di Leang Ambe Pacco (dengan peningkatan warna), d. Pembesaran gambar tangan di Leang Ambe Pacco (dengan peningkatan warna). (b-d, dok BPK XIX 2021)	29
Gambar 6. a. Salah satu aksesibilitas menuju Leang Bara Jarang, b. mulut gua (entrance) Leang Bara Jarang, c dan d salah satu gambar prasejarah di Leang Bara Jarang Dok. BPCB Sulsel (sekarang BPK XIX) tahun 2007.....	31
Gambar 7. variabilitas gambar Leang Bara Tedong 1, a. gambar yang menyerupai ekor ikan, b. Gambar fauna, c. panel Gambar tangan. (Dok. BPK XIX 2013)	32
Gambar 8. Kondisi gambar tangan di Leang Bara Tedong 2. (Anonim, 2011b) .	33
Gambar 9. Gambar berwarna hitam bergaya austronesia awal yang terlihat tumpang tindih dengan sisa gambar berwarna merah di Leang Bulu Bettue.	34
Gambar 10. (Kiri) mulut gua Leang Pabbuno Juku dan (kanan) kondisi gambar tangan negatif Leang Pabbuno Juku.....	37
Gambar 11. Salah satu gambar tangan di Leang Pajae	38
Gambar 12. Tampak mulut gua dan pelataran situs leang Pangia, b. kondisi gambar di langit-langit Leang Pangia. (Dok. BPK XIX 2007)	39
Gambar 13. Tampak mulut gua Leang Tinggiada dari arah depan (kanan), mulut gua (entrance) Leang Tinggiada (dok BPK XIX 2007)	44
Gambar 14. Peta Eksisting Subkawasan Bulu Sipong.....	47
Gambar 15. Variabilitas Temuan Arkeologi di Subkawasan Bulu Sipong	48

Gambar 16. Bekas kotak ekskavasi pada lantai gua (kiri) dan panel gambar prasejarah yang telah mengalami kerusakan (kanan).	49
Gambar 17. Gambar prasejarah Leang Bulu Sipong 1 (kiri), Temuan tembikar (tengah), Temuan artefak batu (kanan).....	50
Gambar 18. Mulut gua lantai atas Leang Bulu Sipong 1 yang ditandai dengan lingkaran merah bernomor.	50
Gambar 19. Kondisi Ruang Pertama dan aksesibilitas (lingkaran merah) menuju lorong ruang kedua (kiri)), kondisi ruang kedua (kanan).....	51
Gambar 20. Panel pertama gambar yang tidak teridentifikasi pada sisi kanan bagian luar gua (kiri), Panel 2 gambar telapak tangan pada sisi kanan bagian tengah ruang (kanan).....	52
Gambar 21. Temuan permukaan Leang Bulu Sipong 2 berupa pecahan tembikar.	53
Gambar 22. Mulut gua Leang Bulu Sipong 3 (kiri), Kondisi ruang gua (kanan). (Dok. BPK XIX 2016)	54
Gambar 23. Panel gambar pada langit-langit bagian dalam (kiri), Panel gambar pada Langit-langit di sisi kiri (kanan).....	54
Gambar 24. Panel gambar pada ruang 1 Leang Bulu Sipong 4.....	55
Gambar 25. variabilitas gambar gua pada ruang 2 Leang Bulu Sipong 4.....	56
Gambar 26. gambar prasejarah pada ruang 3 Leang Bulu Sipong 4.....	56
Gambar 27. Gambar cap kaki positif dan cap tangan negatif yang telah mengelupas pada ruang 4 Leang Bulu Sipong 4.	57
Gambar 28. celah sempit (hole) menuju ruang 5 (kiri) dan tampak mulut gua utama dari dalam ruang 5 (kanan).	57
Gambar 29. Kondisi ruang 5 (lantai atas) leang Bulu Sipong 4 saat pertama kali ditemukan.....	58
Gambar 30. Gambar fauna di Leang Bulu Sipong 4 yang berusia 43,5 ribu tahun.	58
Gambar 31. kondisi teras ceruk Leang Bulu Sipong 5.	59
Gambar 32. Temuan deposit sampah dapur dan artefak batu pada Leang Bulu Sipong 5.....	60
Gambar 33. Teras gua Bulu Sipong 6 (kiri) dan temuan permukaan fragmen tembikar.	61
Gambar 34. Mulut gua Bulu Sipong 7 (kiri), dan Akses menuju mulut gua (kanan).	62

Gambar 35. Lorong pertama (kiri), dan Lorong kedua (kanan) Leang Bulu Sipong 7.	62
Gambar 36. Variabilitas temuan di Leang Bulu Sipong 7.	63
Gambar 37. Variabilitas temuan pada Leang Bulu Sipong 8.	64
Gambar 38. Diagram Alir Pengolahan Data	67
Gambar 39. Diagram Alir Metode Penelitian	68
Gambar 40. Pengolahan data dalam program ArcGis Pro	73
Gambar 41. Proses Rumusan Sistem Informasi WEB-GIS	77
Gambar 42. Tampilan Awal WEB-GIS dengan narasi pengantar pengguna. (atas) ukuran normal dan (bawah) adalah pembesaran	78
Gambar 43. Tampilan WEB-GIS dan Tools yang disediakan	79
Gambar 44. Tampilan Awal dengan Smartphone (kanan tampilan normal dan kiri adalah perbesaran)	80
Gambar 45. Data utama dan data pendukung dalam WEB-GIS pada tampilan smartphone.	81
Gambar 46. Atribut data titik gambar prasejarah di Leang Pettae	82

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Potensi Arkeologi di Kawasan Karst Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep) telah banyak diungkap, sampai saat ini fokus kegiatan penelitian maupun kegiatan pelestarian masih terus berlanjut, hal ini dikarenakan gambar gua prasejarah (*rockart*) telah dapat dipastikan menjadi tolok ukur peradaban manusia di Kawasan Karst Kabupaten Maros dan Pangkep (Maros-Pangkep), hasil *dating* gambar prasejarah di Leang Tedongnge yang diketahui telah ada sejak 45,5 ribu tahun yang lalu (Brumm, et al., 2021). Hasil penelitian tersebut sinkron dengan hasil penelitian sebelumnya di Leang Bulu Sipong 4 (Aubert et al., 2019) dan di Leang Timpuseng (Aubert et al., 2014). Terungkapnya usia gambar prasejarah pada gua di Kawasan Karst Maros-Pangkep menjadi pemicu peningkatan tren riset multidisipliner dalam Kawasan Karst Maros-Pangkep.

Studi terkait sumber daya arkeologi prasejarah di kawasan ini juga menjadi semakin dianggap penting secara global. Tren terbaru dalam riset menyoroti upaya untuk mengeksplorasi dan memahami penyebab penurunan kualitas gambar-gambar prasejarah, yang secara tidak langsung dapat mendorong upaya untuk mengurangi laju kerusakan yang terjadi terhadap gambar-gambar prasejarah. Upaya akademik dan penelitian yang telah dilakukan, berfokus pada investigasi yang lebih mendalam terkait faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi gambar-gambar prasejarah, termasuk identifikasi serta pemahaman terkait dampak dari proses-proses alamiah serta aktivitas manusia terhadap pemeliharaan dan keberlangsungan gambar-gambar prasejarah (Gagan et al., 2022; Habibi et al., 2020; Huntley et al., 2021). Penelitian terkait juga menyoroti perlunya pengembangan strategi yang efektif dalam mengurangi dampak negatif yang bisa mempercepat degradasi gambar-gambar prasejarah, sebagai langkah penting dalam pelestarian sumber daya tersebut untuk generasi mendatang (Gagan et al., 2022; Mulyadi, 2016; Permana et al., 2021).

Selain riset kearkeologian dalam Kawasan Karst Maros-Pangkep, terdapat berbagai macam regulasi yang telah diputuskan untuk menjaga eksistensi kawasan ini, pertama adalah zonasi (revisi) pada 2015 Kawasan Konservasi Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung (TN BABUL) yang menghasilkan area

seluas 43.570 Ha yang terbagi dalam 7 (tujuh) zona yaitu, zona inti, zona rimba, zona pemanfaatan, zona tradisional, zona rehabilitasi, zona religi, budaya dan sejarah, dan zona khusus (Anonim, 2015b).

Selanjutnya terdapat upaya perlindungan terhadap Kawasan Karst Maros Pangkep yang diwujudkan melalui langkah-langkah sistematis dan terpadu, bertujuan untuk memelihara fungsi ekosistem karst dan mencegah pencemaran serta kerusakan ekosistem dalam kawasan tersebut, upaya ini telah tertuang dalam Peraturan Daerah Provinsi Sulawesi Selatan Nomor 3 Tahun 2019 tentang Pelindungan dan Pengelolaan Kawasan Ekosistem Esensial Karst Maros Pangkep, yang merujuk pada struktur karst di bawah dan di atas permukaan tanah, kawasan ini memiliki luas \pm 24.413 hektar.

Kawasan Karst Maros-Pangkep juga telah ditetapkan menjadi UNESCO Global Geopark periode 24 Mei 2023 - 23 Mei 2027, deliniasi lahan Geopark mencakup 44,6% daratan dan 55,4% perairan dari total luas, terdiri dari daerah administratif Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkep, dalam deliniasi tersebut juga mencakup area Konservasi Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung di daratan. Di dalam kawasan Geopark terdapat 1.437 spesies flora dan fauna, termasuk 153 spesies endemik yang hanya terdapat di Sulawesi, serta 52 spesies yang dilindungi dan terancam punah (UNESCO, 2023).

Pada 11 Juni 2023 kawasan yang disebut "Bantimurung Bulusaraung-Ma'Rupanne Biosphere" berupa area inti (*core zone*) seluas \pm 47.277,73 Ha yang meliputi sebagian wilayah administrasi Kabupaten Maros, Barru, Pangkep dan Bone, telah ditetapkan dan dimasukkan oleh UNESCO dalam Jaringan Cagar Biosfer Dunia pada *Man and the Biosphere Programme* (MAB), dengan menjadi bagian dari Jaringan Cagar Biosfer Dunia, area ini diakui memiliki kekayaan alam yang penting dan berkontribusi pada upaya global untuk melindungi dan mempertahankan keanekaragaman hayati. Selain itu, wilayah ini diharapkan dapat menjadi pusat riset, pengamatan, dan studi tentang bagaimana manusia dapat hidup berdampingan dengan alam secara berkelanjutan. Tujuannya adalah untuk menemukan dan menyediakan model-model pembangunan yang berkelanjutan, yang mengakomodasi kebutuhan manusia saat ini tanpa mengorbankan kepentingan lingkungan dan sumber daya alam bagi generasi masa depan (UNESCO, 2022).

Pengakuan kawasan Karst Maros Pangkep dari UNESCO menjadi bukti nyata akan kekayaan sumber daya alam yang didalamnya terdapat sumber daya

arkeologi yang patut untuk dilestarikan keberlangsungannya. Dalam rangka mengoptimalkan konservasi kawasan, serta meningkatkan pemahaman tentang sumber daya arkeologi pada masa prasejarah, riset saat ini mengarah pada pendekatan multidisipliner dengan integrasi antara Ilmu Arkeologi dengan sudut pandang Ilmu Geologi, Geofisika, Kimia, Biologi, dan atau ilmu lain, khususnya untuk memahami kompleksitas serta menemukan solusi yang efektif dalam mengurangi kerusakan dan memperpanjang masa ketahanan gambar-gambar prasejarah yang tentu memiliki koneksi langsung terhadap ketahanan lingkungan di sekitar lokasi situs. Oleh karena itu, upaya akademis terkait dengan penyiapan sistem informasi sumber daya arkeologi prasejarah di Kawasan Karst Maros-Pangkep yang dapat diakses dengan mudah, bukan hanya dianggap penting dalam konteks global, tetapi juga untuk mendukung keperluan mendesak akan pendekatan ilmiah yang komprehensif dalam melindungi warisan berharga untuk generasi mendatang.

Berbagai riset dan upaya konservasi kawasan Karst Maros-Pangkep berdampak pada aspek kemanfaatan terhadap sumber daya arkeologi menjadi tinggi, berbagai disiplin ilmu dan lembaga membutuhkan data potensi arkeologi yang terdapat dalam Kawasan Karst tersebut. Sayangnya, tidak semua kalangan dapat melakukan akses menuju situs cukup memakan waktu dan tenaga. Masalahnya kemudian adalah kondisi umum terkait data sumber daya arkeologi prasejarah saat ini masih tersebar di berbagai pemangku kepentingan karena bersifat internal, data belum terorganisir dengan baik sehingga menyebabkan akses dan transaksi terhadap data terbatas, format data/berkas khususnya data spasial masih belum umum digunakan sehingga menyulitkan dalam pengolahan data lebih lanjut, masalah umum tersebut jika diakumulasi menyebabkan publikasi atas data masih sangat minim. Untuk menunjang akses data dan informasi yang cepat, perlu upaya untuk menyiapkan sebuah platform berbentuk sistem informasi secara daring/*online*, sistem informasi tersebut diharapkan dapat menampung kebutuhan mendasar terkait sumber daya arkeologi di Kawasan Karst Maros-Pangkep.

Hasil inventarisasi menunjukkan peningkatan jumlah situs prasejarah secara signifikan, berdasarkan data yang dihimpun Balai Pelestarian Kebudayaan Wilayah XIX (BPK Wilayah XIX), situs arkeologi di Kawasan Karst Maros-Pangkep hingga tahun 2022 situs (gua, ceruk, tebing, *boulder*, *pinnacle karst*) berjumlah 574 situs, 332 situs berada di Kabupaten Maros dan 243 situs berada dalam wilayah

administrasi Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, dari 574 situs yang telah ditemukan, terdapat 378 situs yang mengandung gambar prasejarah (Anonim, 2022). Berdasarkan hasil penelitian dan inventarisasi, terdapat 2 jenis teknologi dalam pembuatan gambar, yaitu gambar yang berupa ukiran atau goresan (*engraving*) dan paling dominan merupakan gambar yang dibuat dengan bahan pewarna (*pigment*), umumnya gambar-gambar tersebut memiliki *pigment* merah, hitam, cokelat, ungu, kuning, dan putih (Permana, 2005; Rustan, 2021). Dari segi jenis, gambar yang telah ditemukan bervariasi yaitu, gambar fauna (babi, anoa, ikan, hewan unggas), gambar tangan/*hand stencils/hand print*, gambar (cap) kaki, gambar geometris, gambar manusia, hingga gambar yang membentuk konsep *therianthropes*. (Anonim, 2015a; Aubert et al., 2019).

Luas karst di Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkep Mencapai \pm 46.200 Ha (Ahmad & Hamzah, 2016, p. 7), hasil analisis dan integrasi antar data (tumpang tindih) titik sebaran situs dengan luas karst masih memperlihatkan kesenjangan yang signifikan, area survei dan inventarisasi situs arkeologi belum mencapai 50% dari total area karst, sehingga di masa mendatang masih menjanjikan data-data baru mengenai potensi situs prasejarah di kawasan karst ini. Oleh karena itu, untuk mengantisipasi semakin banyaknya data, penyediaan sistem informasi yang bersifat berkelanjutan penting untuk direncanakan. Data utama yang merupakan titik gua prasejarah adalah data bersifat keruangan (spasial) dan memiliki sistem informasi geografis (*geospasial*), sehingga pengolahan data membutuhkan platform yang dapat menampung berbagai data, sehingga menghasilkan informasi yang terintegrasi dengan berbagai macam kebutuhan.

Ketersediaan data pada instansi yang menangani pelestarian cagar budaya, dalam hal ini Balai Pelestarian Kebudayaan Wilayah XIX masih berupa basis data berbasis sistem informasi geografis (SIG), data tersebut memiliki format tabulasi dan *shapefile* (.shp) yang belum dimaksimalkan dengan baik. Pada perkembangannya, teknologi SIG diharapkan dapat memberikan peluang baru bagi para arkeolog untuk menganalisis data yang dikumpulkan di lapangan, sehingga mendorong peralihan disiplin ilmu menjadi lebih eksplanatori, dengan mengadopsi pendekatan kuantitatif dan analisis spasial/statistik dalam studi tentang pola pemukiman dan pola/bentuk situs (Dell'Unto & Landeschi, 2022). Hal ini terkait dengan data yang belum dilakukan publikasi dengan baik karena belum

ada wadah atau platform yang tepat untuk menampung data-data spasial dan non spasial dalam satu tempat.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem informasi sumber daya arkeologi prasejarah berbasis *Geographic Information System (GIS)* yang dapat diakses melalui platform *website (WEB)*, menurut Dell'Unto & Landeschi (2022) Platform WEB-GIS merupakan solusi teknologi yang dapat digunakan untuk menyimpan, mengelola, menampilkan, serta menganalisis informasi spasial melalui *World Wide Web*. WEB-GIS dapat digunakan oleh semua kalangan yang memiliki perangkat yang terkoneksi internet, tanpa menginstal perangkat lunak tertentu (Dell'Unto & Landeschi, 2022, p. 36). Dengan fokus mengatasi kendala akses dan distribusi data yang terfragmentasi. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan akses yang lebih luas dan terorganisir bagi masyarakat umum, peneliti, dan pemangku kepentingan lainnya. Melalui platform *daring/online*, SIG tidak hanya menjadi solusi teknis, tetapi juga berperan penting dalam melindungi, mengelola, dan melestarikan warisan budaya. Dalam konteks publikasi hasil penelitian, SIG diharapkan memfasilitasi akses informasi prasejarah, menciptakan keterbukaan informasi, mendorong kerja sama antar instansi, serta meningkatkan kesadaran akan pentingnya perlindungan dan pengelolaan warisan budaya. Penelitian ini, selain sebagai langkah praktis dalam pengelolaan data gua prasejarah, juga merupakan komitmen dalam melestarikan dan mempromosikan warisan budaya Kawasan Karst Maros-Pangkep. Penggunaan SIG diharapkan memberikan dampak signifikan, termasuk pengelolaan data yang lebih terintegrasi dan terstruktur, peluang kolaborasi yang lebih luas, serta kontribusi nyata dalam memperkaya pemahaman tentang sistem informasi arkeologi prasejarah. Dengan demikian, implementasi SIG bukan hanya solusi teknologi informasi semata, tetapi juga langkah penting dalam menjaga dan memanfaatkan warisan prasejarah secara bijaksana, menjadi fondasi yang kokoh bagi pengelolaan data gua prasejarah yang berujung pada perlindungan dan pemahaman yang lebih mendalam.

1.2. Permasalahan

Layanan data berbasis *spasial* terkhusus pada BPK Wilayah XIX, masih menggunakan prosedur tatap muka dan membutuhkan cukup banyak waktu untuk menyiapkan data, hal ini didasari belum adanya sistem informasi yang efektif dan efisien dalam hal pemenuhan pelayanan data berbasis spasial, atau secara

spesifik gua-gua prasejarah di Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkep. Selain itu, hampir semua peta tematik yang dihasilkan dari berbagai kegiatan pemerintah yang berkecimpung dalam dunia kearkeologian masih dalam bentuk peta cetak maupun peta digital dalam bentuk *bitmap/raster*. Padahal, tidak dapat dipungkiri bahwa untuk memenuhi kebutuhan data, peta yang memiliki basis spasial dapat disajikan secara daring baik dalam bentuk *bitmap* maupun dalam bentuk *vector*. Keunggulan dari sajian peta *vector* selain dapat dimodifikasi yaitu memungkinkan para pengguna untuk memperbesar dan memperkecil tampilan peta tanpa memengaruhi kualitas gambar, lain halnya dengan peta raster yang memiliki keterbatasan tampilan, dikarenakan sangat bergantung pada ukuran pixel warna gambar. Namun sajian peta *vector* secara luring/*offline* biasanya harus menggunakan perangkat lunak berbasis GIS, dan tidak semua pemangku kepentingan familier dengan perangkat lunak tersebut. Oleh karena itu perlu solusi untuk menuntaskan bagaimana cara mendukung penyebaran informasi yang mudah dan cepat dan dapat diakses oleh setiap kalangan, maka dalam penelitian ini dapat dirumuskan pertanyaan penelitian, yaitu Bagaimana bentuk sistem informasi yang relevan untuk menampilkan sumber daya arkeologi prasejarah di Subkawasan Leang Leang dan Subkawasan Bulu Sipong?

1.3. Tujuan Penelitian

Data berbasis spasial yang berkaitan dengan sumber daya arkeologi prasejarah di Kawasan Karst Maros dan Pangkep telah melimpah, dengan memanfaatkan data-data yang ada maka, dalam penelitian ini dilakukan upaya untuk merangkul dan meramu berbagai macam data yang telah tersedia hingga dapat dikemas sebagai sebuah sistem informasi, lebih jelasnya tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Membangun basis data potensi gua prasejarah di Subkawasan Leang Leang dan Subkawasan Bulu Sipong yang setiap saat dapat diperbaharui;
2. Merumuskan bentuk sistem informasi yang dapat digunakan sebagai bahan analisis data terkait dengan keterancaman, pengambilan keputusan dalam hal kebijakan pelestarian, maupun penelitian lebih lanjut.

1.4. Manfaat Penelitian

Berdasarkan data yang dikumpulkan oleh BPK Wilayah XIX, terungkap bahwa terdapat 574 situs arkeologi prasejarah di Kawasan Karst Maros dan Pangkep. Distribusi situs prasejarah di Pulau Sulawesi tersebar di Kabupaten

Maros, Pangkep, Bone, Luwu Timur, Pulau Muna, Pulau Buton, dan Kabupaten Konawe Utara yang berada dalam Kawasan Karst Matarombeo. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi inspirasi untuk pengembangan sistem informasi berbasis WEB-GIS pada semua gua prasejarah di Kawasan Karst di Pulau Sulawesi, sehingga secara keseluruhan informasi sumber daya arkeologi di kawasan karst Pulau Sulawesi dapat terintegrasi dalam 1 platform. Dengan demikian, sistem ini akan mempermudah akses bagi pengguna data. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan manfaat holistik dalam memanfaatkan dan melindungi warisan prasejarah di Kawasan Karst Maros.

Manfaat signifikan dari penelitian ini yaitu menciptakan sistem informasi berbasis WEB-GIS untuk Situs Prasejarah Subkawasan Leang Leang dan Subkawasan Bulu Sipong. Sistem ini dapat diakses oleh berbagai kalangan dan menjadi antisipasi lonjakan data gua prasejarah di masa depan, serta referensi dalam membangun sistem informasi daring. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi landasan bagi kebijakan di Kawasan Karst Maros dan Pangkep, khususnya BPK wilayah XIX, untuk penggunaan yang berkelanjutan. Manfaatnya juga melibatkan instansi lain, peneliti, pelajar, dan masyarakat umum dengan memungkinkan akses informasi prasejarah secara daring.

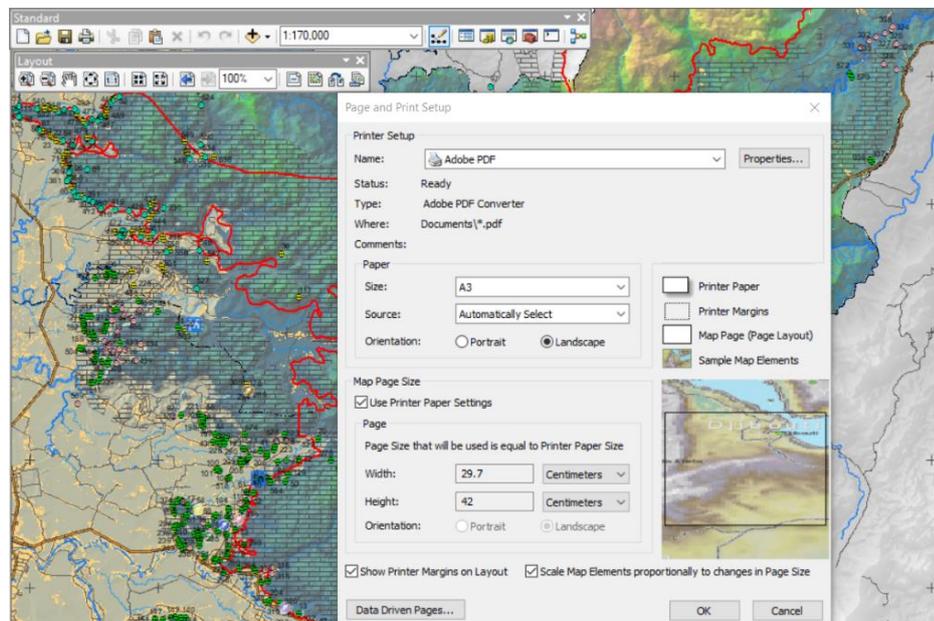
Penelitian ini juga memiliki dampak signifikan dari berbagai perspektif. Inisiatif ini memperluas aksesibilitas informasi arkeologi prasejarah dan memberikan peluang bagi masyarakat umum, peneliti, dan pelajar untuk mengakses data arkeologi dengan lebih mudah. Penggunaan teknologi WEB-GIS di situs prasejarah dianggap sebagai langkah progresif dalam melestarikan warisan budaya. Ini mendukung ide bahwa inovasi dalam penelitian dan pemeliharaan situs prasejarah dapat membuka pintu bagi pemahaman yang lebih baik terkait masa lalu manusia.

Dari segi kebijakan, penelitian ini membuka peluang bagi pemerintah untuk mengembangkan strategi lebih inklusif dalam memanfaatkan dan melindungi sumber daya arkeologi. Pemanfaatan dan perlindungan tersebut menjadi bagian penting dalam pelestarian warisan budaya yang semakin terancam oleh perkembangan urbanisasi dan aktivitas manusia lainnya. Selain itu, sistem informasi berbasis WEB-GIS juga dapat memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang sejarah dan kehidupan prasejarah manusia, memberikan landasan untuk studi lebih lanjut yang dapat menghasilkan informasi baru dan temuan

arkeologi yang signifikan. Keseluruhan, penelitian ini tidak hanya memberikan manfaat praktis dan akses informasi, tetapi juga memiliki implikasi substansial dalam pelestarian warisan budaya dan pengembangan kebijakan berkelanjutan untuk melindungi situs prasejarah bagi generasi mendatang.

1.5. Lingkup Penelitian

Gagasan untuk menggambar dan menempatkan hasil pengamatan lapangan dalam peta sudah ada sejak lama, para arkeolog melakukan ide tersebut untuk merepresentasikan secara grafis hasil survei lapangan atau ekskavasi (Adkins & Adkins, 1989 dalam Dell'Unto & Landeschi, 2022: 6). Hal ini sejalan dengan berbagai macam kegiatan penelitian maupun kajian objek arkeologi di kawasan Karst Maros-Pangkep yang memiliki output peta, penyajian informasi gua-gua prasejarah, umumnya menggunakan format raster yang hasil akhirnya tidak dapat dimodifikasi, meskipun hasil pengolahannya terdiri dari layer-layer data berbasis *vector* yang diolah melalui platform teknologi sistem informasi geografis (software berbasis GIS). Masalah krusial yang dihadapi ketika menampilkan peta sebaran gua prasejarah di Kawasan Karst Maros-Pangkep secara keseluruhan (574 situs) dalam bentuk analog adalah, penumpukan titik situs dan label masing-masing objek, penumpukan tersebut menyebabkan hilangnya esensi informasi terkait letak dan nama situs.



Gambar 1. Perbesaran 100% (1:1) pada layout kertas cetak A3 dengan skala 1:170.000 cm dalam Arcgis desktop 10.8. (diolah dari berbagai sumber oleh penulis, 2023)

Solusi untuk menanggulangi masalah seperti (gambar 1) dalam menampilkan peta tersebut secara analog adalah memperbesar kertas tata letak layout peta, sehingga skala peta dapat diperkecil dan simbol layer peta dapat tampil secara jelas. Masalah ini dapat terpecahkan dengan merancang *layout* peta menggunakan kertas cetak dengan ukuran besar misalnya A0 (124.49 x 89.99 cm), namun tidak akan efisien jika dicetak, dan tentu tidak praktis jika dibawa ke lapangan.

Opsi lain dalam mengatasi masalah tersebut yaitu dengan merancang peta berbasis WEB-GIS yang dapat diakses secara daring, kemampuan WEB-GIS memberikan paradigma baru tentang cara mengakses dan menggunakan informasi geografis di mana saja, selama terkoneksi dengan internet, (Esri, 2013). Dengan demikian kendala terkait penumpukan simbol dan label objek spasial pada peta akan terpecahkan.

Objek penelitian yang dijadikan sampel dalam penelitian ini adalah sumber daya arkeologi yang berada dalam cakupan Subkawasan Leang Leang yang berada di Kecamatan Bantimurung, Kabupaten Maros dan Subkawasan Bulu Sipong berlokasi di Kecamatan Minasate'ne, Kabupaten Pangkajene Dan Kepulauan. Subkawasan Leang Leang terdapat di perbukitan karst Tompobalang yang membentang dari selatan hingga Bulu Pute ke utara, yang meliputi dataran lembah di sebelah barat dimanfaatkan sebagai pemukiman penduduk dan pertanian sawah (Anonim, 2019). Sementara Subkawasan Bulu Sipong merupakan sebuah bukit tunggal yang berada dalam area konservasi tambang PT. Semen Tonasa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem informasi Geografis (SIG) atau dalam bahasa Inggris disebut *Geographic Information System* (GIS) telah berkembang di berbagai benua, terutama di Amerika, Eropa, Australia, dan Asia sejak diperkenalkan pada tahun 1967 oleh *General Assembly* dari *International Geographical Union*. Terdapat berbagai perkembangan perangkat lunak atau aplikasi SIG saat ini, yang dapat dibagi menjadi dua kelompok. Pertama, aplikasi SIG Open Source (sumber terbuka atau tak berbayar), seperti GRASS, PostGIS, GeoTools, QuantumGIS (QGIS), dan MapServer. Kelompok kedua adalah aplikasi komersial (berbayar), seperti ArcGIS, ArcView ESRI, MapInfo, dan Oracle Spasial (Hua, 2015: 25). Pada perkembangannya, GIS telah disetarakan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang pengumpulan, analisis, dan visualisasi data geografis. Dalam GIS, data geografis seperti peta, citra satelit, dan data spasial lainnya digunakan untuk memahami dan menganalisis fenomena geografis. GIS juga melibatkan penggunaan teknologi dan metode komputasi untuk memproses dan menganalisis data geografis. Oleh karena itu, GIS bukan hanya alat, tetapi juga merupakan ilmu pengetahuan yang memiliki domain pengetahuan dan metode penelitian yang khas (Goodchild, 2010: 13).

SIG dapat dirujuk sebagai suatu sistem yang terdiri dari orang-orang, mesin, data, dan prosedur yang bekerja bersama untuk mengumpulkan, mengelola, menganalisis, dan mendistribusikan informasi yang penting bagi individu atau organisasi. SIG memungkinkan pengguna untuk mengintegrasikan, mengorganisir, dan memproses data dari berbagai sumber yang berbeda untuk memberikan informasi yang relevan tentang lokasi geografis. SIG juga dapat digunakan untuk melakukan analisis spasial, seperti analisis jarak, analisis aliran, dan analisis visibilitas antara lokasi-lokasi yang berbeda (Worboys & Duckham, 2004)

Nicolò Dell'Unto dan Giacomo Landeschi (2022) dalam bukunya telah merangkum definisi sistem informasi geografis dari penulis-penulis mapan dan sering dikutip (Aldenderfer and Maschner, 1996; Chapman, 2006), SIG dapat diartikan sebagai kumpulan alat digital yang berkaitan dengan ruang untuk

mengelola, memanipulasi, dan menganalisis informasi yang memiliki referensi spasial sesuai dengan koordinat geografis yang diwakili dalam ruang *kartesians* yang didefinisikan oleh sumbu x dan y dan kadang-kadang juga z, dan bahkan variabel waktu t (Dell'Unto & Landeschi, 2022: 5).

Roger Tomlinson melakukan pekerjaan yang inovatif untuk memulai, merencanakan, dan mengembangkan SIG di Kanada, yang akhirnya menghasilkan SIG berbasis komputer pertama di dunia pada tahun 1963. Pemerintah Kanada telah meminta Tomlinson untuk membuat daftar yang dikelola mengenai sumber daya alam negara tersebut. Dia memiliki wawasan untuk menggunakan komputer dalam menggabungkan data sumber daya alam dari seluruh provinsi. Tomlinson menciptakan desain untuk komputasi otomatis guna menyimpan dan memproses jumlah data yang besar, yang memungkinkan Kanada memulai program manajemen penggunaan lahan nasionalnya. Ia juga yang memberikan nama "Sistem Informasi Geografis" atau GIS untuk konsep ini. Sehingga pencapaian Tomlinson ini menjadi langkah awal penting dalam pengembangan dan penerapan teknologi GIS di seluruh dunia.¹

Hingga saat ini GIS dapat memberikan kemampuan kepada individu untuk membuat lapisan peta digital mereka sendiri guna membantu memecahkan masalah dunia nyata. Menurut Environmental Systems Research Institute (ESRI), GIS memungkinkan pengguna untuk mengintegrasikan berbagai jenis data geografis, seperti citra satelit, peta topografi, dan data cuaca, dalam satu platform yang mudah diakses. Selain itu, GIS juga telah mengalami perkembangan menjadi sarana berbagi data dan kolaborasi. United Nations Global Geospatial Information Management (UN-GGIM) mencatat bahwa kolaborasi lintas sektor melalui GIS telah menghasilkan solusi inovatif dalam bidang kesehatan, lingkungan, dan pengembangan sosial.

Visi masa depan tentang basis data GIS dunia yang berkelanjutan, saling tumpang tindih, dan dapat dioperasikan, kini sedang bergerak menuju kenyataan. Geospatial World melaporkan bahwa proyek-proyek seperti OpenStreetMap telah berhasil menciptakan kerangka kerja kolaboratif di mana individu dari seluruh dunia dapat berkontribusi dalam membangun peta yang akurat dan terus diperbarui. Saat ini, ratusan ribu organisasi dari berbagai sektor, termasuk

¹ <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis>

pemerintah, swasta, dan lembaga riset, aktif membagikan hasil kerja mereka dan menciptakan miliaran peta setiap harinya.

2.2. Sistem Informasi Geografis dalam Arkeologi

Pengembangan dan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam arkeologi telah mengalami kemajuan signifikan selama dua dekade terakhir, memperluas kemampuan para peneliti untuk mengintegrasikan, menganalisis, dan memvisualisasikan data arkeologis dengan cara yang belum pernah ada sebelumnya (Goodchild, 2010). Teknologi SIG memungkinkan integrasi data dari berbagai sumber, memberikan platform unik untuk pemodelan spasial yang akurat dari situs-situs arkeologi (Wheatley & Gillings, 2002). Pendekatan ini tidak hanya mendukung pembersihan dan pengelolaan data tetapi juga memfasilitasi analisis yang lebih mendalam mengenai distribusi artefak, pola pemukiman, dan dinamika lanskap (Lock & Pouncett, 2017). Melalui pemodelan geospasial, SIG telah berkontribusi pada pemahaman yang lebih kaya tentang konteks arkeologis, dari analisis situs individu hingga lanskap yang luas (Conolly & Lake, 2006). Keberhasilan aplikasi ini menegaskan peran SIG sebagai alat kritis dalam penelitian arkeologi, menggarisbawahi pentingnya teknologi ini dalam merumuskan hipotesis dan menguji teori tentang masa lalu manusia. Seiring berjalannya waktu, penggunaan SIG dalam arkeologi terus berkembang, menawarkan perspektif baru dan mendalam tentang interaksi manusia dengan lingkungannya (ESRI, 2020).

Menurut Nicolò Dell'Unto dan Giacomo Landeschi (2022), Teknologi Sistem Informasi Geografis memberikan peluang baru bagi para arkeolog untuk menganalisis data yang dikumpulkan di lapangan sehingga mendorong peralihan disiplin ilmu menjadi lebih eksplanatori, dengan mengadopsi pendekatan kuantitatif dan analisis spasial/statistik dalam studi tentang pola pemukiman dan pola/bentuk situs (Dell'Unto & Landeschi, 2022).

Sistem Informasi Geografis (SIG) digunakan dalam arkeologi untuk memecahkan masalah metodologi dalam menganalisis data arkeologi tanpa kehilangan informasi tiga dimensi arkeologi, yaitu bentuk (*form*), ruang (*space*), dan waktu (*time*). SIG memadukan proses pengumpulan, penyimpanan, dan manipulasi data geografis untuk menghasilkan informasi baru yang berhubungan dengan lokasi geografis. Aplikasi SIG dalam arkeologi dapat digunakan untuk

merekonstruksi bentang budaya masa lalu, analisis spasial, pemetaan, dan pelestarian sumberdaya arkeologis (Rangkuti, 2000: 6)

Pengembangan sistem Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk proyek arkeologi, khususnya yang berfokus pada konservasi dan studi situs-situs prasejarah di kawasan karst, analisis kebutuhan merupakan langkah awal yang kritical. Proses ini tidak hanya mengharuskan pemahaman teknis tentang perangkat lunak dan hardware SIG, tetapi juga pemahaman mendalam tentang konteks arkeologis, geologis, dan sosial tempat sistem tersebut akan diaplikasikan. Kolaborasi antara arkeolog, geolog, ahli SIG, dan stakeholder lokal menjadi kunci untuk memastikan semua perspektif dan kebutuhan terwakili dengan baik dalam sistem yang dikembangkan.

Arkeolog memiliki peran penting dalam mendefinisikan kebutuhan konten dan fungsionalitas sistem berdasarkan tujuan penelitian dan pelestarian. Mereka menyediakan insight tentang jenis data arkeologis yang perlu dikumpulkan, dianalisis, dan disajikan melalui SIG, termasuk lokasi situs, distribusi artefak, dan konteks stratigrafis. Geolog menyumbangkan keahlian mereka dalam memahami formasi geologis kawasan karst, yang sangat penting dalam penentuan lokasi potensial situs prasejarah dan dalam interpretasi lanskap kuno. Pengetahuan ini memandu pengembangan lapisan data geospasial dalam SIG yang menggambarkan karakteristik fisik kawasan, seperti topografi, jenis batuan, dan fitur hidrogeologi. Ahli SIG bertanggung jawab atas aspek teknis pengembangan sistem, termasuk pemilihan perangkat lunak SIG, desain basis data, dan implementasi alat analisis geospasial. Kolaborasi dengan arkeolog dan geolog memungkinkan ahli SIG untuk menyesuaikan sistem dengan kebutuhan spesifik proyek, memastikan bahwa platform tersebut mampu mengelola, menganalisis, dan memvisualisasikan data arkeologis dan geologis secara efektif. Stakeholder lokal, termasuk komunitas di sekitar kawasan karst, pemerintah daerah, dan lembaga pelestarian, memberikan perspektif yang berharga tentang aspek sosial, ekonomi, dan budaya yang terkait dengan situs prasejarah. Partisipasi mereka dalam analisis kebutuhan memastikan bahwa sistem SIG juga mendukung tujuan pelestarian, edukasi publik, dan pengembangan pariwisata berkelanjutan.

Proses kolaboratif ini memastikan bahwa sistem SIG yang dikembangkan tidak hanya kuat dari sisi teknis, tetapi juga relevan dan responsif terhadap kompleksitas multidisiplin ilmu arkeologi, geologi, serta kepentingan dan

kebutuhan masyarakat lokal. Melalui kolaborasi yang erat antara arkeolog, geolog, ahli SIG, dan stakeholder lokal, sistem SIG yang dihasilkan menjadi alat yang ampuh dalam eksplorasi, analisis, dan pelestarian warisan arkeologis di kawasan karst.

Penggunaan GIS dalam arkeologi dipengaruhi oleh teori-teori utama. Aspek pentingnya adalah dimensi spasial dalam deskripsi dan analisis arkeologi. Arkeologi mempelajari benda-benda masa lalu dalam konteks lingkungan. Jadi, aspek spasial sangat penting dalam menjelaskan informasi arkeologi. Sistem manajemen basis data (DBMS) juga penting dalam GIS. DBMS membantu dalam representasi informasi terstruktur, memungkinkan analisis yang lebih baik. Dengan ini, data lapangan bisa diolah efektif. GIS mempengaruhi paradigma dalam arkeologi. Pendekatan kuantitatif dan analisis spasial digunakan untuk memahami pola pemukiman dan situs arkeologi. Penggunaan model prediktif juga mendorong penggunaan GIS. Tapi, GIS dalam arkeologi ada batasannya. Representasi data saat ini tak bisa tangani kompleksitas masa lalu. Aspek manusiawi dan non-material sering terabaikan. Peneliti usulkan pendekatan lebih kritis dan representasional dalam menggunakan GIS dalam arkeologi. Kesimpulannya, GIS dalam arkeologi dipengaruhi oleh teori yang menghargai dimensi spasial. Penggunaan DBMS dan pendekatan kuantitatif berkontribusi dalam perkembangan GIS arkeologi. Tapi, tantangan masih ada dalam representasi data dan perhatian pada aspek non-material dalam GIS arkeologi. Kesimpulannya, GIS dalam arkeologi dipengaruhi oleh teori yang menghargai dimensi spasial. Penggunaan DBMS dan pendekatan kuantitatif berkontribusi dalam perkembangan GIS arkeologi. Tapi, tantangan masih ada dalam representasi data dan perhatian pada aspek non-material dalam GIS arkeologi (Dell'Unto & Landeschi, 2022: 1–2). Oleh karena itu pengumpulan data terkait titik koordinat akurat penting untuk dilakukan karena terkait dengan lokasi yang tentunya memiliki regulasi masing-masing.

ArcGIS Pro adalah aplikasi desktop yang dirancang untuk melakukan pemetaan, analisis, dan pengolahan data *geospasial* yang kompleks. Aplikasi ini menyediakan lingkungan kerja yang kuat dan lengkap untuk para ahli GIS. ArcGIS Pro menawarkan berbagai alat analisis spasial, kemampuan visualisasi yang kaya, dan fungsionalitas yang diperluas untuk mengelola dan memproses data geografis. Pengguna dapat membuat peta, melakukan analisis kompleks,

mengatur database geografis, dan membuat model geoproses untuk menyelesaikan tugas GIS yang beragam. ArcGIS Pro juga mendukung integrasi dengan ArcGIS *Online*, memungkinkan pengguna untuk berbagi dan mengakses data secara mudah antara aplikasi desktop dan *cloud*. (ESRI, 2020; Esri, 2020, 2022). Sementara itu, ArcGIS Field Map adalah aplikasi yang dikembangkan oleh Esri untuk pengumpulan data lapangan. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk mengumpulkan data geografis secara *real-time*, melakukan pemetaan, dan menyimpan data terorganisir. Dalam penelitian ini, ArcGIS Field Map digunakan untuk memvisualisasikan data gambar prasejarah langsung di lapangan. Dengan menggunakan perangkat mobile yang terhubung ke ArcGIS *Online*, peneliti dapat mencatat dan memetakan lokasi gambar prasejarah, melampirkan informasi tambahan seperti deskripsi atau metadata, serta mengelola data secara terintegrasi.

2.3. Penerapan Sistem Informasi Geografis dalam Pelestarian Kawasan Gua Gua Prasejarah

SIG memiliki kemampuan sebagai alat analisis keruangan yang dapat menghasilkan informasi baru melalui penggabungan data spasial multitema dengan berbagai format. Berkat adanya berbagai fasilitas GIS, peta digital berbasis *vector*, produk pengindraan jauh berbasis raster, dan data lokasi dari GPS receiver dapat dianalisis bersama tanpa hambatan. Hal ini membuka peluang untuk melanjutkan proyek penelitian sebelumnya dan membuka prospek baru jika dikembangkan ke arah pemodelan spasial. Dari visualisasi tersebut, banyak informasi baru yang tidak mungkin diperoleh secara manual dapat ditemukan (Yuwono, 2007: 99)

Riwayat penelitian terkait Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam pelestarian gua-gua prasejarah di kawasan karst Maros-Pangkep telah dimulai sejak tahun 2004. Penelitian pertama yang menggunakan SIG dalam pendokumentasian gua prasejarah di kawasan karst Maros-Pangkep dilakukan oleh Yadi Mulyadi . Penelitian tersebut menggunakan sistem pendokumentasian berbasis komputer yang memungkinkan integrasi ke dalam program SIG, menghasilkan peta sebaran situs gua prasejarah dalam bentuk digital (Mulyadi, 2004).

Selanjutnya, penelitian oleh Godlief Arsthen P pada tahun 2016 juga memanfaatkan SIG untuk mengetahui tingkat kerawanan bencana alam terhadap

gua-gua prasejarah di Kabupaten Pangkep (Peselete, 2016). Kemudian, pada tahun 2018, Yusriana mengembangkan aplikasi wisata budaya berbasis android untuk publikasi situs gua prasejarah di Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan, yang juga memanfaatkan SIG (Yusriana et al., 2018). Penelitian terkait SIG dalam pelestarian gua-gua prasejarah dilakukan oleh Khaidir Sirajuddin pada tahun 2019. Penelitian tersebut menggunakan SIG untuk mengetahui kerawanan bencana alam terhadap objek arkeologi di Sulawesi Selatan, memberikan informasi mengenai skala prioritas pengkajian dan pelestarian terhadap objek arkeologi yang rawan longsor dan banjir (Sirajuddin, 2019).

Penelitian terbaru yang menggunakan SIG sebagai upaya pelestarian gua-gua prasejarah dilakukan Abdul Rahman Khadafi (2020), penelitian tersebut membahas pengembangan aplikasi mobile berbasis android untuk publikasi situs gua prasejarah di Kawasan Karst Maros-Pangkep. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat informasi tentang situs gua prasejarah lebih mudah diakses melalui smartphone. Penelitian ini juga memberikan informasi mengenai jumlah situs gua prasejarah di kawasan karst Maros-Pangkep, jenis temuan arkeologis, serta lokasi sub-kawasan yang memiliki situs gua prasejarah dengan temuan arkeologis yang beragam. Abdul Rahman Khadafi dalam penelitiannya berhasil memberikan gambaran yang komprehensif mengenai pengembangan aplikasi mobile GIS berbasis android untuk publikasi situs gua prasejarah di Kawasan Karst Maros-Pangkep, serta memberikan pemahaman yang mendalam mengenai kekayaan arkeologis di kawasan tersebut (Khadafi, 2020).

Penelitian yang relevan terkait WEB-GIS dilakukan oleh (Alimuddin et al., 2023), Hasil penelitian ini adalah pengembangan aplikasi GIS berbasis WEB untuk menginventarisasi gua-gua cap tangan prasejarah di UNESCO Global Geopark Maros Pangkep Geosites di Indonesia. Aplikasi tersebut akan menyediakan database gua-gua potensial, memfasilitasi analisis data, dan pengambilan keputusan untuk kebijakan konservasi. Selain itu, penelitian juga bertujuan untuk membuat peta GIS berbasis WEB yang dapat diakses secara *Online*. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data, desain database, pengolahan data, dan penyajian data. Tujuan utamanya adalah menyediakan sistem informasi yang terpusat dan mudah diakses untuk publik, peneliti, dan pihak terkait lainnya guna mendapatkan informasi yang lengkap dan akurat mengenai potensi gua-gua prasejarah di area tersebut.

Dari riwayat penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan SIG dalam pelestarian gua-gua prasejarah di kawasan karst Maros-Pangkep dapat digunakan dalam pendokumentasian, pengambilan keputusan, sosialisasi, dan pengetahuan mengenai situs gua prasejarah, serta dalam mendukung kualitas dan penyajian informasi yang ada pada data arkeologi.

2.4. Sistem Informasi Berbasis WEB-GIS

Proses pengembangan WEB-GIS memerlukan pemilihan platform yang optimal sesuai dengan kebutuhan dan keterampilan pengguna. Beberapa opsi melibatkan ArcGIS Online, sebuah platform dari Esri yang menyediakan berbagai alat untuk membuat, mengelola, dan berbagi peta serta aplikasi GIS. Alternatif lainnya adalah Google Maps Platform, yang menawarkan serangkaian API (Application Programming Interface) sebagai antarmuka yang memungkinkan interaksi dan pertukaran informasi antara perangkat lunak atau aplikasi. Beberapa aplikasi juga menawarkan solusi dengan lisensi *open-source*, yang mengacu pada model pengembangan perangkat lunak di mana kode sumbernya dibuat tersedia untuk umum atau gratis. Beberapa perangkat lunak yang dapat digunakan secara gratis yaitu Leaflet dan OpenLayers, yang memungkinkan pembuatan peta interaktif dengan dukungan berbagai sumber data. Untuk proyek dengan basis QGIS, QGIS Server dapat digunakan untuk mengonversi proyek ke layanan web dengan dukungan protokol OGC. API berfungsi sebagai antarmuka yang memungkinkan dua atau lebih program berkomunikasi dan saling bertukar informasi serta layanan untuk mengintegrasikan data lokasi ke dalam aplikasi WEB (Kaya, 2023).

Quantum GIS (QGIS) juga merupakan perangkat lunak GIS yang memiliki sumber terbuka dan menyediakan berbagai alat (*tools/plugin*) untuk membuat, mengedit, dan menganalisis peta. QGIS memiliki komunitas pengembang yang aktif, dan pengguna dapat berkontribusi pada pengembangan dan peningkatan perangkat lunak ini. QGIS menyediakan *plugin* QGIS2WEB yang memungkinkan pengguna untuk membuat WEB-GIS sederhana. *Plugin* tersebut dapat digunakan untuk mengekspor peta sehingga dapat dilihat secara interaktif dalam WEB tanpa perlu pemrograman. Namun WEB-GIS dari hasil pengolahan QGIS melalui *tools* tersebut masih membutuhkan HOSTING (server atau tempat penyimpanan file/dokumen secara *Online*) dan DOMAIN (alamat internet), HOSTING ada yang berbayar dan gratis.

QGIS dan ArcGIS Online merupakan dua solusi yang mempermudah pembuatan peta interaktif secara daring, tetapi keduanya memiliki karakteristik yang berbeda. QGIS2WEB, sebagai plugin untuk perangkat lunak QGIS (Quantum GIS), didesain untuk pengguna QGIS dan menyediakan pendekatan yang lebih sederhana untuk pembuatan WEB-GIS tanpa memerlukan pemrograman tambahan. Meskipun memiliki fitur dan pilihan konfigurasi yang dapat disesuaikan, tingkat kompleksitasnya cenderung lebih rendah dibandingkan dengan beberapa solusi berbayar. QGIS2WEB gratis digunakan, namun pengguna perlu memperhatikan biaya HOSTING, yang bisa bersifat berbayar atau gratis.

Di sisi lain, ArcGIS Online adalah platform SIG yang dikembangkan oleh Esri, perusahaan terkemuka di bidang Sistem Informasi Geografis (SIG). Dengan antarmuka pengguna yang ramah, ArcGIS Online menyediakan beragam fitur dan fungsi tingkat lanjut yang mendukung pengembangan peta dan aplikasi SIG yang kompleks. Namun, sebagai layanan berbayar dengan model keanggotaan, pengguna perlu mempertimbangkan biaya langganan. Meskipun ArcGIS Online memiliki tingkat kompleksitas yang lebih tinggi, kelebihan fitur dan dukungan yang diberikan dapat menjadi solusi yang lebih cocok untuk proyek-proyek yang lebih besar dan kompleks.

Pilihan antara QGIS dan ArcGIS Online akan tergantung pada kebutuhan proyek, tingkat keahlian pengguna, dan anggaran yang tersedia. Bagi pengguna dengan proyek sederhana dan anggaran terbatas, QGIS bisa menjadi pilihan yang baik, sementara penggunaan ArcGIS Online lebih sesuai untuk proyek-proyek yang memerlukan tingkat kompleksitas dan dukungan tingkat lanjut dengan ketersediaan anggaran yang lebih besar.