

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan perjalanan sejarahnya memiliki beragam kisah yang terekam oleh banyaknya tinggalan cagar budaya yang tersisa, mulai dari zaman prasejarah, zaman Hindu-Budha, zaman kolonial hingga memasuki fase kemerdekaan. Alur sejarah yang terus mengiringi Indonesia tidak semata-mata langsung hadir, terkadang sejarah yang ditemukan perlu dilakukan penyingkapan melalui metode penelitian ataupun tidak secara sengaja ditemukan misalnya sebuah sisa-sisa bangunan bersejarah yang ditemukan terkubur atau dalam keadaan rusak sehingga perlu pengkajian secara *historical* dan metodologi untuk menjawab teka-teki sejarah tersebut. Penemuan sebuah bukti sejarah yang ditemukan terkubur atau dalam keadaan rusak terkadang dipengaruhi oleh adanya pengaruh eksternal termasuk adanya sebuah bencana yang akan mengubah kondisi sebuah wilayah sehingga turut mempengaruhi sebuah cagar budaya pada tempat tersebut.

Adanya keterancaman sebuah cagar budaya di Indonesia sangat dipengaruhi oleh kondisi wilayah Indonesia yang secara geografis dan ekologis memiliki tingkat ancaman bencana yang cukup tinggi mulai dari erupsi gunung berapi, tanah longsor, banjir, kebakaran hutan, gempa bumi, dan bencana alam lainnya. Keberadaan cagar budaya tersebut, tentu tidak luput dari ancaman bencana yang sering terjadi di negara kepulauan ini. Salah satu bencana alam yang patut diwaspadai di Indonesia adalah banjir dengan intensitas dan distribusi kejadiannya yang mencapai sekitar 40% dari peristiwa alam lain, laporan dari Mercy Corps Indonesia pada tahun 2011 frekuensi kejadian bencana banjir yang dipengaruhi oleh iklim dan cuaca di Indonesia terus meningkat dalam 10 tahun terakhir terutama pada wilayah yang berada di daerah pesisir (Nugroho, et al., 2021). Dalam kurun waktu setahun menjadikan banjir sebagai bencana paling sering terjadi di Indonesia, hal ini sesuai dengan data informasi bencana Indonesia yang juga mencatat banjir sebagai peristiwa alam paling banyak terjadi di sepanjang tahun 2024 dengan 1518 kejadian yang tersebar di berbagai wilayah Indonesia. Peristiwa banjir tersebut mengakibatkan sekitar 30.634 kerusakan bangunan serta sekitar 4.624.979 korban, termasuk di dalamnya ialah orang meninggal, hilang, terluka, menderita, dan mengungsi (BPNPB, 2021). Selain itu, peristiwa banjir juga dapat mengakibatkan kerugian material, kerusakan lingkungan, dan keterentanan penyakit.

Bencana tidak hanya berdampak pada kerugian harta dan nyawa saja, namun juga pada peninggalan-peninggalan sejarah. Dampak bencana tersebut akan mengakibatkan cagar budaya mengalami kerusakan, hilang atau musnah. Sedangkan seperti yang kita ketahui cagar budaya memiliki ikatan dengan masyarakat, yakni sebagai representasi identitas budaya mereka. Bencana dapat memicu rusak dan hilangnya budaya kebendaan, sehingga masyarakat tidak dapat mengenali lagi identitas mereka di masa mendatang. Menyusuri dampak bencana pada cagar budaya tersebut perlu dilakukan mitigasi atau pencegahan agar kita dapat memetik pelajaran dan menjadikan hal tersebut sebagai acuan untuk perlindungan Cagar Budaya di masa mendatang.

Penelitian Kerawanan Bencana Alam Terhadap Objek Arkeologi di Sulawesi Selatan yang dilakukan oleh Khaidir Sirajuddin pada tahun 2019 menunjukkan data kerawanan bencana di Sulawesi selatan dapat diidentifikasi 88 objek arkeologi yang rawan terhadap tanah longsor dan 258 objek arkeologi rawan terhadap bencana banjir. Apabila dijabarkan secara rinci, maka terdapat 9 objek arkeologi dengan kerawanan rendah terhadap tanah longsor, 18 objek dengan kerawanan sedang, dan 61 objek memiliki kerawanan tinggi. Terdapat lebih banyak objek arkeologi yang terpapar kerawanan banjir yaitu sejumlah 21 objek arkeologi terletak pada daerah rawan banjir kelas rendah, 207 objek pada daerah kelas sedang, dan 30 objek terancam kerawanan tinggi. Adapula tiga situs gua prasejarah yang memiliki kerawanan terhadap longsor dan banjir (Sirajuddin, 2019). Dengan potensi tersebut memunculkan asumsi bahwa intensitas kerawanan bencana alam mungkin akan terus bertambah setiap waktunya yang sangat dipengaruhi oleh aktivitas alam dan manusia terutama pada daerah dengan tingkat urbanisasi yang tinggi.

Sebagian besar Kabupaten/kota di Sulawesi Selatan yang menurut catatan BPNPB menjadi wilayah dengan tingkat rawan banjir yang tinggi akibat pengaruh sistem drainase yang kurang baik salah satunya adalah Kabupaten Gowa dan sekitarnya yang telah merupakan wilayah dengan jejak sejarah terpanjang sehingga memiliki tinggalan budaya yang tinggi terutama tinggalan budaya zaman kolonial yaitu salah satunya Situs Benteng Somba Opu. Benteng ini merupakan kawasan bersejarah peninggalan Kerajaan Gowa-Tallo dan merupakan benteng terbesar dan terkuat di Kabupaten Gowa. Benteng ini didirikan pada awal abad ke-16 oleh Raja Gowa IX Daeng Matanre Karaeng Tumapa'risi Kallonna (1511-1547) yang mengalami lima fase perkembangan dan disempurnakan berupa penguatan bagian luar benteng yaitu pada pemerintahan Sultan Hasanuddin yaitu raja Gowa XVI (1653-1670) sehingga benteng tersebut berfungsi sebagai benteng induk atau benteng utama yang dikawal oleh beberapa benteng pertahanan Kerajaan Gowa lainnya yang tersebar di sepanjang barat Sulawesi Selatan (BPCB, 2014). Benteng ini kemudian menjadi benteng utama Kerajaan Gowa sekaligus melindungi tempat kediaman Raja Gowa, masjid, perkampungan petinggi Kerajaan, dan tempat pusat perdagangan pada saat itu.

Benteng Somba Opu memiliki nilai penting bagi sejarah, ilmu pengetahuan, pendidikan dan kebudayaan. Benteng Somba Opu memiliki peranan besar dalam sejarah Sulawesi Selatan, benteng ini menjadi identitas masyarakat Gowa, sekaligus menjadi saksi bisu perjuangan dalam mempertahankan kemerdekaan dari penjajahan, sehingga memberikan sumbangsih nilai bagi sejarah perkembangan jaringan perdagangan internasional di Sulawesi Selatan. Benteng Somba Opu merupakan bukti kemampuan teknologi pembangunan pertahanan yang tidak banyak ditemukan di tempat lain. Benteng Somba Opu merupakan salah satu situs bersejarah yang memiliki nilai budaya tinggi bagi masyarakat Sulawesi Selatan. Namun, keberadaannya menghadapi ancaman serius dari bencana hidrometeorologi, khususnya banjir. Perubahan iklim global, peningkatan intensitas curah hujan, serta alih fungsi lahan di sekitar kawasan memperbesar potensi kerawanan banjir yang dapat merusak struktur fisik situs maupun mengganggu upaya pelestarian. Kondisi ini menuntut adanya kajian komprehensif berbasis data spasial untuk memetakan tingkat risiko dan merumuskan strategi mitigasi.

Dalam konteks akademik, penelitian ini menempati posisi penting sebagai

bagian dari pengembangan metode Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam studi kebencanaan. Berbagai penelitian sebelumnya telah menggunakan SIG untuk memetakan kerawanan banjir di kawasan perkotaan atau daerah aliran sungai, namun kajian yang secara khusus menyoroti situs budaya masih sangat terbatas. Dengan demikian, penelitian ini mempertegas state of the art melalui integrasi analisis spasial dengan perspektif pelestarian warisan budaya. Penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pengembangan metodologi analisis kerawanan banjir, tetapi juga memberikan nilai tambah berupa rekomendasi kebijakan konservasi situs bersejarah. Hal ini menjadikan kajian lebih relevan, baik secara akademis maupun praktis, karena hasilnya dapat digunakan oleh pemerintah daerah, pengelola situs, maupun masyarakat dalam upaya menjaga keberlanjutan Benteng Somba Opu sebagai warisan budaya yang rentan terhadap bencana.

Benteng Somba Opu secara geografis berada di kawasan yang menghadap langsung ke Selat Makassar yang digunakan sebagai pusat perdagangan dan pelabuhan rempah-rempah sehingga sangat ramai dikunjungi oleh pedagang di berbagai belahan dunia pada abad ke-16. Oleh karena itu, kawasan Benteng Somba Opu dikenal sebagai kota pelabuhan perdagangan di kawasan Indonesia Timur. Namun saat ini kawasan tersebut menjadi sebuah kawasan yang lumayan padat penduduk dengan ruang aktivitas yang tinggi seperti perdagangan. Berdasarkan Rencana Tata Ruang (RTRW) kawasan Benteng Somba Opu masuk dalam kategori kawasan rawan banjir, hal tersebut disebabkan Kawasan Benteng Somba Opu adalah daerah dataran rendah berupa delta disisi sungai yang memiliki elevasi sangat landai dan relatif datar yang mengakibatkan air menuju sungai yang lambat sehingga daerah tersebut rawan terhadap banjir baik oleh luapan air sungai maupun karena hujan lokal. Selain itu Kawasan benteng Somba Opu berada pada daerah yang dilalui sungai besar dengan debit air yang besar yaitu sungai Jeneberang dan Balangberu. Akibat adanya kenaikan delta sungai yang bisa menjadi salah satu pemicu banjir dapat dilihat sekarang mengenai struktur benteng pada saat ini yang mulanya struktur berbentuk persegi namun sekarang hanya tersisa struktur di bagian Selatan dan Barat selain itu temuan-temuan yang sebelumnya tersingkap diyakini terjadi karena sumber-sumber temuan arkeologis tersebut telah mengendap selama beberapa tahun karena adanya banjir yang membawa material endapan alluvial (BPS, 2025).

Hingga kini peristiwa bencana alam tampaknya semakin sering terjadi terhadap tinggalan arkeologi, relevansi kebencanaan pada saat ini masih tetap berguna untuk memahami kejadian-kejadian penting masa lalu, namun kini memiliki fungsi tambahan, yaitu untuk melakukan pelestarian terhadap tinggalan masa lampau yang kini telah dinyatakan sebagai warisan yang penting. Lembaga pelestari cagar budaya Indonesia belum memiliki peta wilayah rawan bencana yang dikaitkan dengan keberadaan cagar budaya, baik yang dikaitkan dengan ancaman bencana alam, maupun bencana karena ulah manusia. Termasuk kaitan antara lokasi cagar budaya terhadap wilayah dengan indeks multi bencana yang berbeda-beda Di bidang pelestarian cagar budaya, komitmen penanganan risiko bencana belum begitu terasa di lembaga-lembaga terkait. Meskipun demikian, di daerah-daerah yang memiliki pengalaman bencana relative intensif, misalnya Yogyakarta dan Jawa Tengah, kesiapan itu sudah tampak, namun belum menjadi bagian dari kebijakan nasional (Rahardjo, 2021).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengidentifikasi kawasan rawan bencana salah satunya banjir yang ada di kawasan Benteng Somba Opu adalah melakukan kajian Sistem Informasi Geografis (SIG) yaitu sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk mengolah dan menyimpan data atau informasi geografis. Suatu daerah akan digolongkan menjadi rawan banjir bila memiliki intensitas hujan yang tinggi, kemampuan tanah yang rendah atau tanah yang jenuh air, permukaan yang kedap air, kondisi hutan yang telah rusak serta lereng yang curam di bagian hulu. Dengan menggunakan SIG, data dan informasi yang ada dapat diintegrasikan, pemodelan dapat dilakukan dengan mudah, selain itu kecenderungan dari pola hujan serta kemungkinan terjadinya banjir dapat dianalisis. Dengan demikian prediksi untuk terjadinya banjir serta kerugian yang diakibatkan dapat segera diketahui.

Mengingat pentingnya peran Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor penyebab banjir di kawasan Benteng Somba Opu, diperlukan langkah lanjutan yang bersifat aplikatif dan komprehensif untuk menilai tingkat kerawanan wilayah tersebut. Hasil analisis SIG tidak hanya berfungsi sebagai alat pemetaan, tetapi juga sebagai dasar dalam pengambilan keputusan terkait upaya mitigasi dan penanggulangan bencana banjir. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk memperdalam pemahaman mengenai potensi kerawanan banjir serta menghasilkan peta tematik yang dapat dijadikan acuan dalam perencanaan dan pengelolaan kawasan secara berkelanjutan.

Berdasarkan konteks permasalahan tersebut, diperlukan kajian lebih lanjut untuk mengetahui tingkat kerawanan serta memetakan potensi banjir sebagai langkah mitigasi di Kawasan Somba Opu melalui penelitian berjudul “Analisis Potensi Kerawanan Banjir pada Kawasan Situs Benteng Somba Opu Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG).”

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana tingkat kerawanan banjir pada Kawasan Situs Benteng Somba Opu?
2. Bagaimana sebaran titik rawan banjir pada Kawasan Situs Benteng Somba Opu?

1.3 Tujuan dan manfaat

Penelitian dilakukan memiliki tujuan dan manfaat yang berbeda-beda sesuai dengan bidang ilmu yang diterapkan, salah satunya pada ilmu arkeologi yang pada hakekatnya menjadikan penelitian sebagai wadah untuk mengetahui kondisi tertentu dalam kajian sosial atau budaya pada masyarakat. Dalam penelitian ini secara garis besar diharapkan mampu memberikan kontribusi pada perkembangan ilmu pengetahuan dalam kajian Arkeologi, selain itu tujuan dan manfaat dari penelitian yang dihasilkan juga memiliki maksud atau tujuan dan manfaat penelitian yang akan dibahas yaitu sebagai berikut :

A. Tujuan

1. Untuk mengetahui tingkat kerawanan banjir pada kawasan Situs Benteng Somba Opu
2. Untuk mengetahui sebaran rawan banjir di Kawasan situs Benteng Somba Opu

B. Manfaat

1. Sebagai pertimbangan bagi pemerintah daerah maupun Balai pelestari untuk melaksanakan pelestarian cagar budaya khususnya perlindungan, pengembangan, dan pemanfaatan, sesuai amanat Undang Undang Nomor 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya.
2. Skripsi ini menambah wawasan akademik mengenai pentingnya mengintegrasikan aspek kebencanaan dalam upaya pelestarian situs sejarah dan budaya.
3. Hasil skripsi dapat menjadi bahan rujukan bagi mahasiswa atau peneliti lain yang mengkaji topik serupa, seperti mitigasi bencana banjir, pengelolaan kawasan *heritage*, atau analisis spasial kerawanan bencana.

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Bencana Alam

Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 mendefinisikan bencana sebagai peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia, sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Bencana tidak dapat di prediksi secara tepat waktu, magnitudo maupun dimana sasaran terbesar, namun dapat diestimasi berdasarkan pengetahuan modern tanda-tanda alam secara tradisional dan petualangan sejarah kebencanaan.

Bencana alam dapat mengancam bangunan cagar budaya karena memiliki dampak langsung terhadap struktur fisik dan material bangunan bersejarah yang umumnya tidak dirancang untuk menahan tekanan ekstrim seperti gempa bumi, banjir, longsor, atau badai. Sebagian besar bangunan cagar budaya dibangun menggunakan material alami seperti batu bata, kayu, kapur, atau batu, yang cenderung rapuh terhadap getaran dan perubahan lingkungan ekstrem. Menurut *UNESCO (2010)* dalam laporan "*Managing Disaster Risks for World Heritage*", bencana alam dapat menyebabkan keretakan, runtuhnya struktur, erosi fondasi, serta pelapukan material akibat kelembapan dan infiltrasi air. Kerusakan tersebut bukan hanya menurunkan kekuatan bangunan, tetapi juga mengancam nilai keaslian (*authenticity*) dan integritas (*integrity*) yang menjadi dasar penetapan suatu situs sebagai cagar budaya. Oleh karena itu, setiap situs warisan perlu memiliki strategi mitigasi resiko bencana untuk menjaga keberlanjutan fisik maupun nilai sejarahnya.

1.4.2 Banjir

Banjir merupakan sebuah bencana alam yang sering terjadi pada suatu daerah dengan skala yang berbeda, di mana air dengan jumlah yang berlebih berada pada suatu daratan yang kering. Banjir dapat menyebabkan kerusakan yang parah, terlebih pada daerah yang mempunyai kepadatan penduduk yang

tinggi seperti pada daerah yang terletak di bantaran sungai atau daerah-daerah yang terkena banjir secara periodik atau berkala. Banjir dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu proses meluapnya air sungai yang disebabkan oleh debit air sungai yang melebihi daya tampung sungai tersebut pada saat keadaan dengan curah hujan yang tinggi, dan genangan air pada daerah dataran rendah yang datar yang biasanya tidak tergenang oleh air dalam jumlah yang cukup besar (Suprpto, 2011). Banjir dapat disebabkan oleh kondisi alam yang statis seperti geografis, topografis, dan geometri alur sungai. Peristiwa alam yang dinamis seperti curah hujan yang tinggi, pembendungan dari laut/pasang pada sungai induk, amblesan tanah dan pendangkalan akibat sedimentasi, serta aktivitas manusia yang dinamis seperti adanya tata guna di lahan dataran banjir yang tidak sesuai, yaitu: dengan mendirikan pemukiman di bantaran sungai, kurangnya prasarana pengendalian banjir, amblesan permukaan tanah dan kenaikan muka air laut akibat global warming (Sembiring, et al., 2025) Berikut Adalah faktor-faktor penyebab terjadinya banjir :

A. Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah total air hujan yang jatuh dalam suatu periode waktu tertentu di suatu lokasi atau daerah. Biasanya, curah hujan diukur dengan satuan milimeter (mm) atau liter per meter persegi (L/m²). Curah hujan dapat berfluktuasi dari hari ke hari, bulan ke bulan, dan bahkan tahun ke tahun. Data curah hujan sangat penting dalam pemantauan iklim dan hidrologi untuk memahami pola cuaca dan sirkulasi air di suatu wilayah. Curah hujan merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam penyebab terjadinya banjir. Pada musim penghujan, curah hujan yang tinggi akan mengakibatkan banjir di sungai dan bilamana melebihi tebing sungai maka timbul banjir dan. Sehubungan dengan itu curah hujan yang tinggi menyebabkan debit air sungai lebih besar dari biasanya bahkan bisa melebihi kapasitas sungai musim hujan, karena daya dukung daerah aliran sungai terhadap hujan yang turun sudah tidak mampu oleh sungai (Ginting, 2021)

B. Jarak Dari Sungai

Jarak dari sungai memengaruhi potensi banjir karena wilayah yang berada dekat dengan aliran sungai memiliki resiko lebih tinggi mengalami luapan air saat debit sungai meningkat akibat curah hujan tinggi atau kiriman air dari daerah hulu. Daerah yang berada di sekitar bantaran sungai biasanya memiliki elevasi rendah dan menjadi tempat tumpahan air ketika kapasitas sungai tidak mampu menampung volume air yang besar. Selain itu, proses sedimentasi di sekitar sungai dapat meninggikan dasar sungai sehingga memperkecil daya tampungnya dan memperbesar kemungkinan meluap. Sebaliknya, wilayah yang lebih jauh dari sungai cenderung lebih aman dari genangan langsung, meskipun masih bisa terdampak jika sistem drainase buruk atau terdapat aliran air permukaan yang mengarah ke daerah tersebut. Banjir yang terjadi di daerah berdekatan dengan aliran sungai tentunya memiliki risiko lebih tinggi terdampak banjir. Saat air

mengalir dari elevasi yang lebih tinggi dan terakumulasi pada ketinggian yang lebih rendah saat hujan lebat, area yang berdekatan dengan tubuh air menjadi tergenang, seperti bendungan, sungai, kolam, dan danau (Samanta, et al., 2018).

C. *Kemiringan Lereng*

Kemiringan lereng mempengaruhi jumlah dan kecepatan limpasan permukaan, drainase permukaan, penggunaan lahan dan erosi. Diasumsikan semakin landai kemiringan lerengnya, maka aliran limpasan permukaan akan menjadi lambat dan kemungkinan terjadinya genangan atau banjir menjadi besar, sedangkan semakin curam kemiringan lereng akan menyebabkan aliran limpasan permukaan menjadi cepat sehingga air hujan yang jatuh akan langsung dialirkan dan tidak menggenangi daerah tersebut, sehingga resiko banjir menjadi kecil. Kemiringan lereng semakin tinggi maka air yang diteruskan semakin tinggi. Air yang berada pada suatu kawasan tersebut akan diteruskan ke tempat yang lebih rendah semakin cepat jika dibandingkan dengan kawasan yang kemiringannya rendah (landai). Dengan demikian, maka semakin besar derajat kemiringan lahan maka skor untuk kerawanan banjir semakin kecil (Andhika, et al., 2023)

D. *Ketinggian\Elevasi*

Ketinggian tempat berpengaruh besar terhadap potensi terjadinya banjir karena air secara alami mengalir mengikuti gaya gravitasi dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah. Wilayah dengan elevasi rendah cenderung menjadi lokasi akumulasi aliran air hujan maupun limpasan permukaan dari daerah sekitarnya, sehingga mudah mengalami genangan. Selain itu, daerah dataran rendah biasanya memiliki kemampuan drainase alami yang terbatas dan sering berdekatan dengan sungai, muara, atau pesisir, yang membuatnya rentan terhadap luapan air sungai maupun pasang surut air laut. Sebaliknya, wilayah dengan ketinggian yang lebih tinggi memiliki kemiringan yang memudahkan air mengalir lebih cepat ke bawah, sehingga potensi terjadinya genangan atau banjir relatif kecil. Oleh karena itu, semakin rendah suatu wilayah, semakin besar pula kemungkinan terjadinya banjir akibat akumulasi air dari daerah yang lebih tinggi. (Waqi, et al., 2021).

E. *Jenis Tanah*

Jenis tanah berkaitan dengan proses infiltrasi dan perkolasi. Infiltrasi merupakan proses aliran air (umumnya berasal dari curah hujan) masuk ke dalam tanah. Perkolasi merupakan proses kelanjutan aliran air tersebut ke tanah yang lebih dalam. Dengan kata lain, infiltrasi adalah aliran air masuk ke dalam tanah sebagai akibat gaya kapiler (gerakan air ke arah lateral) dan gravitasi (gerakan air ke arah vertikal). Setelah lapisan tanah bagian atas jenuh, kelebihan air tersebut mengalir ke tanah yang lebih dalam sebagai akibat gaya gravitasi bumi dan dikenal sebagai proses perkolasi (Asdak, 2024) Ketika air hujan jatuh di atas permukaan tanah, tergantung pada kondisi biofisik permukaan tanah, sebagian atau seluruh air hujan tersebut

mengalir masuk ke dalam tanah melalui pori-pori permukaan tanah. Proses mengalirnya air hujan ke dalam tanah disebabkan oleh tarikan gaya gravitasi dan daya kapiler tanah. Laju air infiltrasi yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi dibatasi oleh besarnya diameter pori-pori tanah. Dibawah pengaruh gaya gravitasi, air hujan mengalir vertikal ke dalam tanah melalui profil tanah. Pada sisi yang lain, gaya kapiler bersifat mengalirkan air tersebut tegak lurus ke atas, ke bawah, dan ke arah horizontal lateral.

F. Penutupan Lahan

Penggunaan lahan merupakan wujud nyata dari pengaruh aktivitas manusia terhadap sebagian fisik permukaan bumi. Penggunaan lahan akan mempengaruhi kerawanan banjir suatu daerah, penggunaan lahan akan berperan pada besarnya air limpasan hasil dari hujan yang telah melebihi laju infiltrasi. Daerah yang banyak ditumbuhi oleh pepohonan akan sulit sekali mengalirkan air limpasan, hal ini disebabkan besarnya kapasitas serapan air oleh pepohonan dan lambatnya air limpasan mengalir disebabkan tertahan oleh akar dan batang pohon. Lahan yang banyak ditanami oleh vegetasi maka air hujan akan banyak diinfiltrasi dan lebih banyak waktu yang ditempuh oleh limpasan untuk sampai ke sungai sehingga kemungkinan banjir lebih kecil daripada daerah yang tidak ditanami oleh vegetasi (Sugianto, et al., 2022)

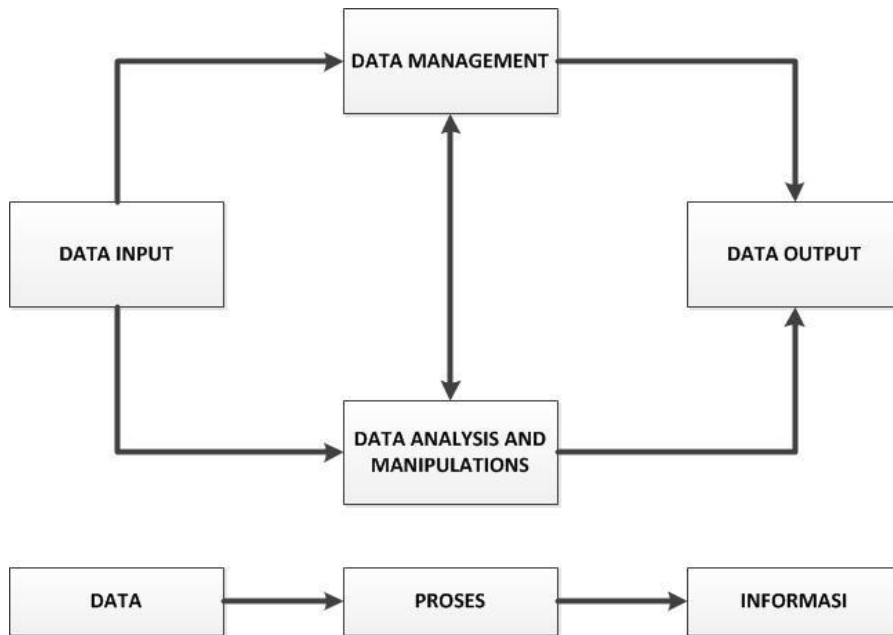
Selain dampak lingkungan maupun sosial bencana banjir juga dapat mengancam bangunan cagar budaya karena menyebabkan kerusakan fisik, pelapukan material, dan hilangnya nilai historis dari bangunan tersebut. Sebagian besar bangunan bersejarah dibangun menggunakan material tradisional seperti batu bata, kayu, atau batu kapur yang memiliki porositas tinggi sehingga mudah menyerap air. Ketika banjir terjadi, air yang menggenang dapat meresap ke dinding dan fondasi, menyebabkan retakan, pelapukan, dan pertumbuhan jamur atau mikroorganisme yang mempercepat degradasi struktur (Sesana, et al., 2018). Banjir memiliki dampak signifikan terhadap bangunan cagar budaya karena dapat menyebabkan kerusakan struktural, pelapukan material, dan hilangnya nilai historis pada situs tersebut. Air banjir yang mengandung sedimen, garam, dan polutan dapat mempercepat proses degradasi pada batu, bata, maupun kayu, serta menimbulkan erosi di sekitar fondasi bangunan. Selain itu, kelembapan tinggi akibat genangan air dapat memicu pertumbuhan lumut dan mikroorganisme yang merusak permukaan bangunan. Dalam jangka panjang, banjir berulang juga dapat mengubah kondisi tanah dan kestabilan struktur situs, meningkatkan resiko runtuhnya bagian-bagian penting. Menurut D'Ayala (2020) dalam *Journal of Cultural Heritage*, bencana banjir merupakan salah satu ancaman utama terhadap kelestarian warisan budaya karena efeknya yang kompleks dan sulit dipulihkan tanpa upaya mitigasi serta konservasi yang berkelanjutan.

Contoh kasus yang menggambarkan ancaman banjir terhadap bangunan cagar budaya dapat dilihat pada Kawasan Kota Lama Semarang, Jawa Tengah, yang merupakan salah satu situs warisan kolonial Belanda di Indonesia. Berdasarkan penelitian "*Heritage Preservation in Flood-Prone Urban Areas*" (B, et al., 2023), kawasan ini sering mengalami banjir rob dan genangan air hujan akibat penurunan muka tanah (*land subsidence*) dan kenaikan muka air laut. Kondisi tersebut menyebabkan dinding

bangunan bersejarah mengalami pelapukan, retak, dan pertumbuhan lumut atau jamur akibat kelembapan tinggi. Air yang menggenang juga mengikis fondasi bangunan tua yang umumnya menggunakan batu bata dan kapur, sehingga menurunkan kestabilan struktur dan mempercepat degradasi material asli. Selain merusak aspek fisik, banjir juga mengancam nilai otentik dan estetika arsitektur kolonial yang menjadi identitas kawasan. Oleh karena itu, pengelolaan risiko banjir melalui sistem drainase, peninggian jalan, dan konservasi berbasis adaptasi menjadi langkah penting untuk melestarikan bangunan cagar budaya di kawasan tersebut. Berdasarkan catatan keterancaman sebuah situs yang dalam penelitian ini mencakup Kawasan Situs Somba Opu, penelitian ini akan mencakup bagaimana bentuk kerawanan bencana dalam Kawasan situs tersebut melalui sistem overlay dalam metode Sistem Informasi Geografis yang biasanya digunakan untuk menyajikan data dalam bentuk peta yang merangkum fenomena-fenomena tertentu dalam sebuah wilayah, berikut penjelasan secara rinci mengenai Sistem Informasi Geografis :

1.4.3 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis yang disingkat SIG dalam bahasa Inggris Geographic Information System (GIS) merupakan suatu sistem informasi yang berbasis computer yang dirancang untuk bekerja dengan menggunakan data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan). Sistem ini mengambil, mengecek, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisa, serta menampilkan data yang secara spasial mereferensikan terhadap kondisi yang ada di bumi. Teknologi SIG mengintegrasikan operasi-operasi umum database, seperti query dan analisa statistik, dengan kemampuan visualisasi dan analisa yang unik yang dimiliki oleh pemetaan (Sihotang, 2021). Secara umum SIG bekerja dengan 4 komponen, yaitu data yang bekerja dengan dua tipe model data geografis, yaitu model data vektor dan model data raster, komponen kedua Software adalah tools yang mampu menyimpan data, analisis dan menampilkan informasi geografi, komponen ketiga Hardware atau perangkat komputer yang memiliki spesifikasi tinggi untuk menjalankan software SIG seperti kapasitas memory (RAM) dan harddisk, komponen keempat User Atau pengguna. Model data vektor seperti titik (point), Line dan polygon, sedangkan model data raster seperti grid (pixel), data yang disimpan dalam format ini data hasil scanning, seperti citra satelit digital. Sedangkan model data non spasial data atribut adalah data yang menyimpan atribut dari kenampakan permukaan bumi atau data yang disajikan dalam bentuk tabel yang berisi informasi objek di dalam data spasial dan berbentuk data tabular yang melekat langsung dengan data spasial (Wibowo, et al., 2015)



Bagan 1 Bagan Tahapan Dalam Sistem Informasi Geografis

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 Open Street Map 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 pemerintah, swasta, dan lembaga riset, aktif membagikan hasil kerja mereka dan menciptakan miliaran peta setiap harinya (Ilyas, 2024).

1.4.4 Sistem Informasi Geografis Dalam Arkeologi

Penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam arkeologi mulai berkembang pada akhir tahun 1980-an dan awal 1990-an sebagai alat untuk memetakan, menganalisis, dan mengelola data spasial situs arkeologi. Awalnya, GIS

digunakan untuk mendigitalkan peta tradisional dan melakukan analisis sederhana seperti distribusi situs dan pemodelan jarak antar lokasi. Seiring perkembangan teknologi, GIS memungkinkan arkeolog melakukan analisis keruangan yang kompleks, termasuk prediksi lokasi situs, pemantauan perubahan lingkungan, dan analisis kerentanan terhadap bencana. Contohnya, karya oleh Kvamme (1990) menekankan pentingnya GIS untuk memahami pola pemukiman prasejarah dan distribusi artefak, sehingga memperluas kemampuan arkeologi dari studi titik-titik lokasi menjadi analisis lanskap yang lebih komprehensif. Dengan kemajuan sensor remote sensing dan integrasi data digital, GIS kini menjadi alat standar dalam penelitian arkeologi modern untuk mendukung konservasi, manajemen situs, dan interpretasi konteks budaya.

Dampak perkembangan SIG pula berimbas kepada kepentingan arkeologi yang memiliki beragam kajian, salah satunya kajian keruangan. Penerapan SIG dalam arkeologi, diketahui sejak diadakan pertemuan ilmiah "Society for American 13 Archaeology" di Amerika pada tahun 1985. Bertemakan "Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis komputer: Alat Masa Depan Untuk Memecahkan Problema Masa Lalu (Lock, et al., 2017). Ini merupakan tahap awal SIG digunakan dalam kepentingan arkeologi. Peranan SIG pada bidang arkeologi awalnya adalah dalam konteks pengelolaan sumberdaya arkeologi (PSA) yang banyak menerapkan analisis lokasional, implikasi SIG kemudian banyak memberikan masukan dalam proses pengambilan keputusan. Awalnya digunakan hanya sebatas prediksi, namun selanjutnya diaplikasikan sebagai perangkat klasifikasi, kalkulasi, kombinasi, dan visualisasi kenampakan variabel-variabel spasial. Atas kelebihan tersebut sangatlah beralasan untuk menjadikan SIG sebagai perangkat manajemen data utama dalam kegiatan PSA (Judge dan Sebastian 1988 dalam Yuwono, 2007: 5). Selain itu, peluang pengembangan SIG dalam kegiatan penelitian arkeologi murni semakin terbuka, dan bahkan jauh lebih mendalam, daripada sekedar untuk menghasilkan peta tematik suatu lokasi penelitian (Yuwono, 2007).

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, et al., 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 12 merekonstruksi bentang budaya masa lalu, analisis spasial, pemetaan, dan pelestarian sumberdaya arkeologis (Rangkuti, 2000).

Pendekatan arkeologi lanskap membutuhkan analisis spasial karena menjelaskan hubungan antara sebaran fenomena arkeologi dan konteks geografis, sehingga kajian arkeologi lanskap memerlukan ketersediaan bentuk-bentuk representasi spasial (peta, foto udara, citra satelit), baik dalam kedudukannya sebagai data, instrumen analisis, maupun hasil kajian, karena suatu lanskap dibentuk oleh

beberapa komponen, terutama bentuk lahan, tanah, air, vegetasi, dan berbagai bentuk pengaruh manusia, maka diperlukan peta dasar dan berbagai peta tematik, termasuk struktur basis datanya agar dapat dilakukan analisis spasial (Iskandar, et al., 2016). Wuri Handoko membuat beberapa model kerangka metodologi arkeologi lanskap dalam kajian situs-situs negeri lama. Dari beberapa model tersebut, salah satunya ialah pengamatan lanskap untuk melihat korelasi antar situs, apakah keletakan situs-situs itu terdapat dalam satu gugusan atau rangkaian bukit yang sama tanpa terpisah atau tanpa batas-batas oleh lembah, sungai, dan sebagainya. Kajian ini berguna untuk interpretasi konsep hubungan baik sosial maupun ekonomis antar situs (Handoko, 2008).

Sistem Informasi Geografis (SIG) memiliki peranan penting dalam bidang arkeologi karena mampu membantu para peneliti dalam mengelola, menganalisis, dan memvisualisasikan data spasial yang berkaitan dengan lokasi situs-situs arkeologi. Melalui SIG, para arkeolog dapat memetakan sebaran artefak, menganalisis hubungan spasial antar situs, mengidentifikasi pola pemukiman kuno, serta memprediksi potensi lokasi temuan baru berdasarkan kondisi lingkungan seperti topografi, hidrologi, dan penggunaan lahan. Selain itu, SIG juga mempermudah pelestarian warisan budaya dengan menyediakan basis data spasial yang akurat untuk pemantauan dan pengelolaan kawasan cagar budaya (Conolly dan Lake 2006) penerapan SIG telah merevolusi cara penelitian arkeologi dilakukan dengan memperkuat pendekatan analitis dan interpretatif berbasis ruang.

1.4.5 Citra Satelit Sentinel-1

Citra satelit Sentinel-1 adalah citra yang dihasilkan oleh satelit Sentinel-1 yang dirancang dan dikembangkan oleh ESA dan didanai oleh Komisi Eropa (European Commission). Citra satelit sentinel-1 terdiri dari konstelasi dua satelit, Sentinel-1A dan Sentinel-1B yang berbagi bidang orbit yang sama dengan perbedaan 180° pada pentahapan orbital (Iskandar, et al., 2016) Citra sentinel-1 memiliki kemampuan operasional independen untuk pemetaan radar terus menerus dari bumi dengan frekuensi, cakupan, ketepatan waktu dan kekanalan ditingkatkan untuk layanan operasional dan aplikasi yang memerlukan seri lama. kegunaan satelit Sentinel-1A/B adalah untuk melakukan kegiatan monitoring maritim, monitoring lahan dan kegunaan emergency lainnya. Dalam kebutuhan observasi kelautan, data Sentinel-1 berperan dalam pengukuran angin permukaan laut, arus permukaan laut, dan perubahan fisik kondisi kelautan. Dalam hal monitoring lahan, data Sentinel-1 dapat berkontribusi dalam pemetaan banjir, klasifikasi penggunaan lahan (misal: daerah bersalju dan daerah kehutan), pengukuran kelembaban permukaan tanah, dan juga untuk pemetaan topografi lahan (Malenovsky, et al., 2006).

Citra satelit Sentinel-1 memiliki peran penting dalam bidang arkeologi karena kemampuannya mendeteksi perubahan permukaan tanah dan fitur bawah permukaan melalui teknologi radar Synthetic Aperture Radar (SAR), bahkan pada kondisi tertutup awan atau vegetasi. Data Sentinel-1 memungkinkan para arkeolog memantau kondisi situs bersejarah, seperti perubahan kelembapan tanah, deformasi lahan, hingga indikasi struktur arkeologis yang tersembunyi. Selain itu, citra ini sangat berguna untuk pemetaan risiko bencana di kawasan situs arkeologi, seperti banjir atau longsor, sehingga dapat mendukung upaya pelestarian warisan budaya. Penggunaan Sentinel-1 juga efisien

karena menyediakan data dengan resolusi tinggi dan cakupan waktu yang kontinu. Menurut Tapete dan Cigna (2019) dalam *Remote Sensing*, Sentinel-1 telah menjadi alat penting dalam arkeologi modern untuk mendeteksi, memantau, dan melindungi situs arkeologi dari ancaman lingkungan dan aktivitas manusia.

Salah satu contoh penggunaan Citra sentinel-1 dalam penelitian arkeologi Adalah pemantauan banjir di kawasan Angkor Wat, Kamboja, dapat dilakukan secara efektif menggunakan citra satelit Sentinel-1 karena sensor radar (SAR) mampu mendeteksi genangan air meskipun kondisi cuaca mendung atau pada malam hari, yang sering terjadi di wilayah tropis ini. Dengan metode change detection antara citra pra- dan pasca-hujan, peneliti dapat memetakan area yang tergenang, termasuk kanal dan sistem irigasi kuno yang mengelilingi kompleks candi, sehingga potensi risiko terhadap fondasi dan struktur batu candi dapat diidentifikasi. Pendekatan ini juga memungkinkan pemantauan multitemporal untuk menilai pola banjir musiman atau akibat curah hujan ekstrem, yang penting bagi konservasi situs cagar budaya. Analisis backscatter dari Sentinel-1 memungkinkan deteksi genangan yang menimbulkan kelembapan tinggi di dekat struktur, yang berisiko mempercepat pelapukan dan kerusakan material bangunan bersejarah (Gong, et al., 2018).

1.4.6 Skoring dan Overlay

Scoring adalah pemberian skor terhadap tiap kelas di masing-masing parameter. Pemberian skor didasarkan pada pengaruh kelas tersebut terhadap kejadian. Semakin besar pengaruhnya terhadap kejadian, maka semakin tinggi nilai skornya (Anas Sudijono dalam Darmawan & Suprayogi, 2017). Untuk mendapatkan skor/nilai total, perlu adanya pemberian nilai dan bobot sehingga perkalaian antara keduanya dapat menghasilkan nilai total yang biasa disebut skor. Pemberian nilai pada setiap parameter adalah sama yaitu 1-5, sedangkan pemberian bobot tergantung pada pengaruh dari setiap parameter yang memiliki faktor paling besar dalam tingkat kerawanan banjir (Placeholder1) (Matondang, et al., 2013)

Overlay Dalam konteks sistem informasi geografis (SIG), Overlay pada ArcGIS adalah suatu teknik pemrosesan data geografis yang melibatkan penumpukan atau kombinasi dari dua atau lebih lapisan peta untuk menghasilkan lapisan peta baru yang menggabungkan informasi dari lapisan-lapisan tersebut. Proses overlay sangat berguna untuk menganalisis hubungan spasial antara berbagai jenis data geografis, seperti memetakan daerah di mana dua fenomena berbeda saling tumpang tindih atau menentukan area di mana beberapa kondisi memenuhi kriteria tertentu. ArcGIS, sebagai platform SIG yang umum digunakan, menyediakan alat-alat canggih untuk melakukan overlay, termasuk operasi seperti intersect, union, dan difference, yang memungkinkan pengguna untuk menggabungkan, memotong, atau membandingkan berbagai lapisan peta. Overlay dalam ArcGIS memainkan peran kunci dalam analisis geografis, perencanaan tata ruang, dan pengambilan keputusan. Dengan menggunakan teknik overlay, pengguna dapat mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang pola spasial, distribusi, dan interaksi antara berbagai fenomena geografis. Proses ini memungkinkan peneliti untuk menggabungkan data dari berbagai sumber dan menciptakan pemahaman yang lebih holistik tentang lingkungan geografis yang mereka teliti.

Metode skoring dan overlay merupakan pendekatan efektif dalam deteksi risiko bencana pada situs arkeologi, karena memungkinkan penilaian kerentanan secara kuantitatif dan spasial. Dalam metode skoring, setiap parameter lingkungan yang mempengaruhi kerentanan seperti ketinggian, jarak dari sungai, jenis tanah, dan intensitas curah hujan diberi nilai atau bobot tertentu sesuai tingkat risikonya, kemudian dijumlahkan untuk memperoleh nilai kerawanan total. Selanjutnya, metode overlay digunakan dengan menggabungkan berbagai lapisan peta (elevasi, tutupan lahan, jarak sungai, curah hujan) dalam sistem GIS sehingga dapat memvisualisasikan area yang paling rawan terhadap bencana dan mengidentifikasi situs arkeologi yang berisiko tinggi (Arshthen, 2016).

1.5 Hasil Penelitian yang Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh Godlief Arsthen P (2016) dengan judul “Tingkat Kerawanan Banjir pada Gua-gua Prasejarah Maros-Pangkep” Setelah melakukan analisis keruangan, dengan cara meng-overlay lima parameter penyebab banjir pada Kecamatan Labbakang, Bungoro, Pangkajene dan Minasate’ne. Luas keseluruhan keempat kecamatan tersebut adalah 33.101,04 ha, di mana dua per tiga dari luasan keempat kecamatan tersebut atau 21.755,92 ha (65,72%) merupakan daerah yang sangat rawan banjir. Kondisi sangat rawan banjir tersebut tentunya menjadi salah satu ancaman serius terhadap gua-gua prasejarah. Berdasarkan pada tingkat keterancaman banjir pada gua-gua prasejarah yang telah diuraikan dapat disimpulkan bahwa, 23 (40%) gua yang sangat terancam banjir. Gua-gua yang terancam tersebut terbagi dalam dua kelas kerawanan banjir meliputi 10 gua yang sangat rawan banjir dan 13 gua yang rawan banjir.

Skripsi dengan judul kerawanan bencana alam terhadap objek arkeologi di Sulawesi Selatan ditulis oleh Khaidir Sirajuddin pada tahun 2019. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan Setelah data kerawanan bencana di Sulawesi selatan dapat diidentifikasi 88 objek arkeologi yang rawan terhadap tanah longsor dan 258 objek arkeologi rawan terhadap bencana banjir. Apabila dijabarkan secara secara rinci, maka terdapat 9 objek arkeologi dengan kerawanan rendah terhadap tanah longsor, 18 objek dengan kerawanan sedang, dan 61 objek memiliki kerawanan tinggi. Terdapat lebih banyak objek arkeologi yang terpapar kerawanan banjir yaitu sejumlah 21 objek arkeologi terletak pada daerah rawan banjir kelas rendah, 207 objek pada daerah kelas sedang, dan 30 objek terancam kerawanan tinggi. Adapula tiga situs gua prasejarah yang memiliki kerawanan terhadap longsor dan banjir. (Kaidir, 2019: 58-59).

Penelitian yang dilakukan oleh Rimal (2020) yang menggunakan metode skoring dan overlay dalam konteks kerawanan bencana pada situs warisan budaya di Sumatera. Penelitian ini menggunakan GIS berbasis overlay untuk menggabungkan berbagai lapisan informasi, termasuk elevasi, jarak dari sungai, jenis tanah, dan curah hujan, sementara setiap parameter diberi skor sesuai tingkat kerentanannya. Hasil analisis menunjukkan area-area dengan skor tinggi yang sangat rentan terhadap banjir dan longsor, sehingga situs-situs arkeologi yang berada di zona tersebut dapat diidentifikasi sebagai prioritas untuk mitigasi dan konservasi. Studi ini menekankan bahwa kombinasi metode skoring dan overlay tidak hanya membantu memetakan risiko secara spasial, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan dalam perlindungan dan

pelestarian warisan budaya terhadap ancaman bencana alam.

Penelitian yang dilakukan oleh Siregar dan Purba (2018) dengan judul penelitian “Analisis Bahaya Letusan Gunungapi terhadap Sumberdaya Arkeologi di Kawasan Gunung Sinabung, Kabupaten Karo” menganalisis bahaya letusan Gunung Sinabung terhadap sumberdaya arkeologi di Kabupaten Karo dengan menggunakan analisis spasial melalui overlay peta sebaran situs arkeologi dan peta zona rawan bencana. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian situs arkeologi berada pada zona rawan sedang hingga tinggi, sehingga berpotensi terdampak hujan abu vulkanik, awan panas, dan lahar yang dapat menyebabkan kerusakan fisik serta penurunan nilai keaslian situs. Penelitian ini menyimpulkan bahwa aktivitas vulkanik merupakan ancaman serius bagi keberlanjutan pelestarian sumberdaya arkeologi dan menekankan pentingnya integrasi mitigasi bencana berbasis pemetaan keruangan dalam upaya perlindungan dan pengelolaan cagar budaya.

Penelitian yang dilakukan oleh Yuwono, J. T. (2019). Dengan judul penelitian “*Geoarkeologi kebencanaan di Indonesia: Konsep, peluang, dan tantangan*. Panalungtik,” Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan geoarkeologi kebencanaan memiliki potensi besar dalam kajian arkeologi di Indonesia, khususnya untuk memahami hubungan antara proses kebencanaan (seperti letusan gunungapi, banjir, gempa bumi, dan longsor) dengan pembentukan, kerusakan, serta pelestarian situs arkeologi. Penelitian ini mengungkap bahwa banyak tinggalan arkeologis di Indonesia berada di wilayah yang secara geomorfologis aktif dan rawan bencana, namun aspek kebencanaan masih belum menjadi perhatian utama dalam pengelolaan dan pelestarian situs. Selain itu, Yuwono menekankan bahwa data geologi, geomorfologi, dan stratigrafi dapat digunakan untuk merekonstruksi kejadian bencana masa lalu yang berdampak pada situs arkeologi. Penelitian ini juga menemukan adanya tantangan dalam penerapan geoarkeologi kebencanaan, seperti keterbatasan data, kurangnya integrasi antar-disiplin, serta belum optimalnya pemanfaatan teknologi spasial dalam penelitian dan kebijakan pelestarian.

Penelitian yang dilakukan oleh Yuwono, Jarwo Susetyo Edy. (2007) dengan judul penelitian “*Kontribusi Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam Berbagai Skala Kajian Arkeologi Lanskap*. Berkala Arkeologi,” Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) memberikan kontribusi yang sangat signifikan dalam kajian arkeologi lanskap pada berbagai skala analisis, baik skala mikro, meso, maupun makro. SIG terbukti mampu mengintegrasikan data spasial dan atribut secara sistematis untuk menganalisis hubungan antara situs arkeologi dengan lingkungan fisiknya, seperti topografi, hidrologi, penggunaan lahan, dan aksesibilitas. Penelitian ini menegaskan bahwa SIG dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola persebaran situs, merekonstruksi lanskap masa lalu, serta menganalisis faktor lingkungan yang memengaruhi pemilihan lokasi hunian atau aktivitas manusia di masa lampau. Selain itu, hasil kajian menunjukkan bahwa SIG sangat efektif sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam pengelolaan dan pelestarian sumberdaya arkeologi, karena mampu menyajikan informasi keruangan yang akurat dan mudah dipahami oleh berbagai pihak.

1.6 Sistematika Kepenulisan

Penulisan suatu karya ilmiah perlu dicantumkan sistematika penulisan agar menjadi

acuan penulis sehingga skripsi yang ditulis dapat lebih terarah dan sistematis, maka penulis mencantumkan ke dalam bentuk bab-bab dengan pembahasan yang saling terkait antara satu dengan yang lainnya. Skripsi ini terdiri dari empat bab yang disusun melalui sistematika penulisan sebagai berikut :

Bab I : Pendahuluan, berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, landasan konseptual dan kajian terdahulu yang berisi gambaran umum penelitian-penelitian yang pernah dilakukan yang terkait dengan tema dalam penelitian yang berupa skripsi, tesis, buku maupun jurnal, serta sistematika penulisan.

Bab II : Metode penelitian, menjelaskan tentang metode yang digunakan dalam menyusun tulisan dan lokasi penelitian yang berisi gambaran umum wilayah mengenai gambaran umum kondisi alam lokasi penelitian.

Bab III : Hasil dan pembahasan. Pada bab berisi tentang Analisis setiap parameter penyebab banjir dan riwayat banjir di Kawasan situs Benteng Somba Opu.

Bab IV : Penutup, berisi kesimpulan dari permasalahan dan pertanyaan penelitian yang dilakukan. Disamping itu, pada bab ini juga berisi saran-saran, baik untuk pengembangan tata guna maupun rekomendasi untuk penelitian lanjutan sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan.

BAB II METODE DAN LOKASI PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Untuk memperoleh hasil penelitian yang valid dan terarah, diperlukan penerapan metode penelitian yang tepat sehingga proses penelitian dapat berlangsung secara terstruktur dan sistematis. Metodologi penelitian sendiri merupakan kerangka kerja atau pendekatan sistematis yang digunakan untuk merancang, melaksanakan, serta menganalisis penelitian. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan penyajian hasil secara deskriptif, yang berfokus pada pengumpulan data, analisis, dan interpretasi data numerik. Dalam bab ini dijelaskan secara rinci mengenai waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, metode pengumpulan data, serta metode pengolahan data yang diterapkan selama proses penelitian.

2.1.1 Metode Pengumpulan data

Dalam pelaksanaan metode ini, peneliti menempuh beberapa langkah yang disusun secara sistematis ke dalam tahapan penelitian untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan hasil penelitian, maka dari itu penulis menjabarkan beberapa metode penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

2.1.1.1 Studi Pustaka

Dalam penelitian ini, studi pustaka dilakukan dengan menelusuri serta mengumpulkan berbagai literatur yang relevan dengan objek kajian. Data yang diperoleh berkaitan langsung dengan objek penelitian. Sumber data meliputi laporan hasil kajian, skripsi, tesis, disertasi, artikel, dan jurnal yang diperoleh melalui permintaan resmi kepada lembaga pemerintah maupun melalui akses daring (lihat pada tabel 2). Seluruh data yang berhasil dihimpun kemudian dianalisis secara mendalam untuk memperoleh informasi yang dapat mendukung pembahasan, memberikan landasan teoritis, serta memperkuat argumentasi dalam penelitian ini.

Table 1 Bahan yang diperlukan dalam Penelitian Analisis Kerawanan Banjir di Kawasan Situs Benteng Somba Opu

No	Bahan	Sumber	Kegunaan
1	Peta Zonasi Benteng Somba Opu.	Laporan Zonasi Benteng Somba Opu BP3 Sulawesi Selatan, 2011	Peta lokasi penelitian
2	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Skala 1 : 50000	INAGEOPORTAL (tanahair.indonesia.go.id)	Menentukan batas administrasi wilayah penelitian

3	Citra DEMNAS (<i>Digital Elevation Model Nasional</i>) Tahun 2018	INAGEOPORTAL (tanahair.indonesia.go.id)	Menjadi data elevasi, dan keterangan
4	Peta Curah Hujan Kabupaten Gowa	Jurusan Geofisika Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin	Data curah hujan
5	Peta Jenis Tanah	Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin	Data sebaran jenis tanah
6	Citra <i>Sentinel-2</i> L2A	ESA (<i>European Space Agency</i>) http://scihub.copernicus.eu/	Menganalisis tutupan lahan
7	Citra <i>Sentinel-1A</i> SAR	ESA (<i>European Space Agency</i>) http://scihub.copernicus.eu	Menginventaris asi kejadian banjir

2.1.1.2 Observasi lapangan

Observasi lapangan meliputi pengamatan langsung ke lokasi penelitian yang terdiri dari :

a) Survey

Survey dalam penelitian ini dilaksanakan melalui pengamatan langsung dilapangan guna memperoleh data primer yang akurat. Pengamatan dilakukan dengan cermat dan mendetai terhadap objek penelitian untuk mendapatkan gambaran nyata kondisi situs yang menjadi fokus kajian. Data primer yang dikumpulkan berupa pendeskripsian menyeluruh mengenai kondisi situs Benteng Somba Opu, baik itu di kawasan benteng maupun berbagai elemen yang berkaitan dengan keberadaan tinggalan arkeologis di lokasi tersebut. Proses pendeskripsian situs dilengkapi dengan dokumentasi visual yang dihasilkan melalui pengambilan foto, pendokumentasian dilakukan untuk data pendukung analisis dan interpretasi temuan di tahap selanjutnya. Selain deskripsi dan dokumentasi, kegiatan survey juga meliputi *plotting area*, yaitu penentuan posisi dan batas lokasi penelitian melalui pengambilan titik koordinat secara astronomis menggunakan perangkat *Global Positioning System* (GPS). Perekaman koordinat ini dilakukan pada titik-titik penting di dalam maupun sekitar situs untuk memudahkan pemetaan, analisis spasial, dan integrasi data ke dalam sistem informasi geografis (*Geographic Information System/ GIS*). Melalui tahapan survey ini, diharapkan seluruh informasi lapangan dapat terekam secara lengkap dan akurat sehingga mampu memberikan gambaran menyeluruh yang menjadi dasar kuat bagi analisis dan pembahasan pada bab selanjutnya.

Table 2 Alat yang digunakan dalam proses penelitian

No	Alat	Jenis	Kegunaan
1	Perangkat lunak GIS	<i>ArcGIS</i> desktop	Menganalisis data spasial dan pemodelan
		<i>Google Earth Engine</i>	Menganalisis Citra <i>Sentinel-1</i> SAR untuk inventarisasi kejadian banjir
2	Perangkat lunak statistic	<i>Microsoft Excel</i> 2016	Pengolahan data
3	<i>Personal Computer</i> (PC)/Laptop		Pengolahan data
4	<i>Drone</i>		Pemetaan dan dokumentasi
5	<i>Global Positioning System</i> (GPS)		Pengambilan titik koordinat
6	Kamera Digital		Mendokumentasikan penelitian di lapangan
7	Alat Tulis Menulis		Pencacatan deskripsi situs

b) Wawancara

Studi wawancara dalam penelitian ini berfungsi sebagai salah satu sumber data sekunder yang digunakan untuk memperkuat argumen serta melengkapi informasi yang diperoleh melalui metode lainnya. Wawancara dilakukan terhadap informan yang memiliki pengetahuan mendalam dan relevan mengenai situs serta objek penelitian, baik dari segi sejarah, kondisi fisik, nilai budaya, maupun aspek-aspek lain yang terkait.

Proses wawancara dilaksanakan dengan mempersiapkan daftar pertanyaan yang telah disusun sebelumnya berdasarkan fokus permasalahan yang hendak diteliti. Pertanyaan-pertanyaan tersebut mencakup materi pokok seputar latar belakang sejarah situs, kondisi eksisting, nilai-nilai yang melekat pada situs, serta pandangan masyarakat terhadap keberadaannya. Meskipun panduan pertanyaan telah disiapkan, pelaksanaan wawancara tetap bersifat semi-terstruktur untuk memberikan ruang bagi informan menyampaikan informasi tambahan yang relevan di luar pertanyaan yang diajukan. Seluruh hasil wawancara dicatat dan, jika memungkinkan, direkam untuk memastikan tidak ada informasi penting yang terlewat. Data yang diperoleh dari wawancara ini kemudian dianalisis secara kualitatif untuk mengidentifikasi pola, tema, dan informasi kunci yang dapat digunakan untuk memperkuat pembahasan dan argumentasi dalam penelitian ini.

c) Dokumentasi

Dokumentasi kegiatan dan foto kondisi struktur Benteng Somba Opu merupakan bagian penting dalam penelitian yang berfungsi sebagai data pendukung untuk menggambarkan kondisi nyata di lapangan. Dokumentasi kegiatan mencakup pencatatan dan pengambilan foto selama proses observasi, survei lapangan, dan pengumpulan data di kawasan penelitian, sehingga dapat menunjukkan tahapan penelitian yang telah dilakukan secara sistematis. Sementara itu, foto kondisi struktur Benteng Somba Opu digunakan untuk memperlihatkan keadaan fisik benteng, seperti dinding, fondasi, lingkungan sekitar, serta bagian-bagian yang berpotensi terdampak genangan atau banjir. Dokumentasi ini berperan sebagai bukti visual yang memperkuat hasil analisis kerawanan banjir, membantu dalam mengidentifikasi tingkat kerentanan struktur bangunan, serta menjadi bahan pertimbangan dalam upaya mitigasi dan pelestarian situs bersejarah.

2.1.2 Pengolahan Data

Pada penelitian ini pengolahan data terbagi menjadi dua yaitu:

2.1.2.1 Pengolahan Citra Sentinel 1

Pengolahan Citra *Sentinel-1* dilakukan menggunakan perangkat lunak Google Earth Engine (GEE) melalui beberapa tahapan yang saling berurutan. Tujuan utama proses ini adalah untuk menghasilkan data radar yang telah terkoreksi secara geometrik dan radiometrik, sehingga siap digunakan dalam analisis lebih lanjut. Tahapan pengolahan citra yang dilakukan meliputi *subset*, *apply orbit file*, *calibration*, *speckle filtering*, *terrain correction*, dan *coregistration*.

1) *Subset*

Subset atau pemotongan citra merupakan tahap awal dalam pengolahan data Sentinel-1 SAR yang bertujuan untuk membatasi cakupan wilayah pengolahan sesuai dengan area studi penelitian. Proses ini dilakukan dengan cara memilih dan memotong bagian citra yang mencakup lokasi penelitian berdasarkan batas administrasi atau koordinat geografis yang telah ditentukan sebelumnya. Pemilihan area studi ini penting dilakukan untuk menghindari pemrosesan data yang tidak diperlukan pada wilayah di luar fokus penelitian, sehingga dapat menghemat kapasitas penyimpanan, mempercepat waktu komputasi, dan memudahkan analisis selanjutnya. Adapun skrip yang digunakan untuk *Subset* adalah sebagai berikut:

```
// =====  
var area = ee.Geometry.Rectangle([119.30, -5.3, 119.50, -5.1]);  
// Kabupaten Gowa  
Map.centerObject(area, 11);
```

2) *Apply Orbit File*

Apply Orbit File merupakan tahap pengolahan citra Sentinel-1 SAR yang berfungsi untuk menerapkan data orbit satelit yang akurat pada citra. Proses ini dilakukan menggunakan Google Earth Engine (GEE), yang memiliki kemampuan untuk mengunduh secara otomatis dan memperbarui *orbit state vectors* (vektor status orbit) dari setiap adegan SAR yang tersimpan pada metadata produk. Data orbit ini berisi informasi presisi mengenai posisi dan kecepatan satelit pada saat perekaman citra dilakukan. Penerapan orbit file yang tepat sangat penting karena akurasi posisi satelit secara langsung memengaruhi ketepatan geolokasi piksel pada citra radar. Dengan adanya pembaruan orbit ini, kesalahan spasial dapat diminimalkan, sehingga hasil pengolahan citra pada tahap selanjutnya, seperti kalibrasi dan koreksi geometrik, dapat dilakukan secara lebih presisi. Adapun skrip yang digunakan untuk Apply Orbit File adalah sebagai berikut:

```
var before = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
  .filterBounds(area)
  .filterDate('2024-12-01', '2025-01-10')
  .filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))
  .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VV'))
  .filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'DESCENDING'))
  .select('VV')
  .median();

var after = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
  .filterBounds(area)
  .filterDate('2025-01-11', '2025-02-28')
  .filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))
  .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VV'))
  .filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'DESCENDING'))
  .select('VV')
  .median();
```

3) *Calibration*

Calibration atau kalibrasi radiometrik merupakan tahap pengolahan citra Sentinel-1 SAR yang bertujuan untuk mengubah nilai digital pada piksel menjadi nilai fisik yang merepresentasikan koefisien hamburan balik radar (*backscatter coefficient*). Pada penelitian ini, proses kalibrasi dilakukan dengan memperhatikan polarisasi citra, yaitu VH (*vertical-horizontal*) dan VV (*vertical-vertical*). Output dari proses ini berupa nilai σ_0 (σ°), yang merupakan besaran hamburan balik yang telah dinormalisasi terhadap sudut datang gelombang radar. Nilai σ_0 ini memiliki resolusi spasial dan ukuran piksel yang sama dengan data input radar, sehingga memungkinkan perbandingan antar-pixel secara konsisten. Tahap kalibrasi sangat penting karena menjamin bahwa data

radar yang digunakan telah terstandarisasi secara radiometrik, sehingga analisis kuantitatif seperti klasifikasi, deteksi perubahan, maupun estimasi parameter fisik di lapangan dapat dilakukan secara akurat. Adapun skrip yang digunakan untuk Calibration adalah sebagai berikut:

```
var calibrated = ee.Algorithms.Sentinel1.calibration
var waterBefore = before.lt(-15);
var waterAfter = after.lt(-15);
var permanentWater = waterBefore.and(waterAfter);
var seasonalWater = waterAfter.and(waterBefore.not());
var dryArea = waterBefore.not().and(waterAfter.not());
var classified = ee.Image(0)
  .where(permanentWater, 1)
  .where(seasonalWater, 2)
  .where(dryArea, 3)
  .clip(area);
var vis = {
  min: 1,
  max: 3,
  palette: ['0000ff', '00ffff', 'aaaaaa'] // Biru: permanen, Cyan: musiman,
  Abu: kering
Map.addLayer(classified, vis, 'Klasifikasi Air');
Map.addLayer(before.clip(area), {min: -25, max: 0}, 'Sebelum Banjir');
Map.addLayer(after.clip(area), {min: -25, max: 0}, 'Setelah Banjir');
```

4) *Speckle Filtering*

Speckle Filtering merupakan tahap pengolahan citra Sentinel-1 SAR yang bertujuan untuk mengurangi gangguan visual yang dikenal sebagai *speckle noise*. Speckle adalah pola bercak-bercak acak berwarna hitam dan putih yang muncul pada citra radar akibat interferensi koheren gelombang elektromagnetik yang dipantulkan dari banyaknya elemen penyebar di permukaan objek. Kehadiran speckle dapat mengaburkan detail citra, mengurangi ketajaman visual, serta mengganggu akurasi interpretasi dan analisis kuantitatif. Untuk meningkatkan kualitas citra, penelitian ini menggunakan metode *Refined Lee Filter*, yaitu penyempurnaan dari *Statistical Filter* berbasis Minimum *Mean Square Error* (MMSE) dengan mempertimbangkan aspek geometrik citra. Metode ini dirancang untuk menekan noise secara efektif tanpa menghilangkan informasi penting, terutama di area batas tepi objek, sehingga detail struktur dan bentuk tetap terjaga. Penerapan filter ini sangat penting untuk memastikan bahwa hasil pengolahan citra memiliki kualitas visual dan radiometrik yang baik, sekaligus meminimalkan risiko kesalahan dalam tahap analisis berikutnya (Rahmat, 2020). Adapun skrip yang digunakan untuk Speckle Filtering adalah sebagai berikut:

```

var collection = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
    .filterBounds(area)
    .filterDate('2024-11-01', '2025-03-01')
    .filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))
    .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation',
'VV')) .filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'DESCENDING'))
    .select('VV');
var chart = ui.Chart.image.series({
    imageCollection: collection,
    region: area,
    reducer: ee.Reducer.mean(),
    scale: 30
}).setOptions({
    title: 'Perubahan VV (Backscatter) dari Waktu ke Waktu',
    vAxis: {title: 'Backscatter (dB)'},
    hAxis: {title: 'Tanggal'},
    lineWidth: 2,
    pointSize: 4
});

```

5) *Terrain Correction*

Terrain Correction merupakan tahap pengolahan yang bertujuan untuk memperbaiki distorsi geometrik pada citra Sentinel-1 yang masih berada dalam geometri radar. Distorsi ini terjadi akibat variasi topografi pada area perekaman dan kemiringan sudut sensor satelit terhadap permukaan bumi, sehingga jarak dan bentuk objek pada citra dapat mengalami perubahan dari kondisi sebenarnya. *Proses terrain correction* dilakukan dengan memanfaatkan *Digital Elevation Model* (DEM) yang merepresentasikan bentuk permukaan bumi secara tiga dimensi, serta data orbit satelit yang akurat. Kombinasi kedua informasi ini digunakan untuk mengoreksi kesalahan-kesalahan umum pada citra radar, seperti layover (efek rebah ke dalam yang membuat objek terlihat miring ke arah sensor), foreshortening (pemendekan lereng depan yang menyebabkan objek terlihat terdistorsi), dan shadow (bayangan yang muncul di area yang tidak terjangkau oleh sinyal radar). Dengan dilakukannya *terrain correction*, citra Sentinel-1 dapat direpresentasikan secara geometrik sesuai dengan koordinat sebenarnya di lapangan. Hal ini sangat penting agar data radar dapat diintegrasikan dengan data spasial lainnya, seperti peta topografi atau data sistem informasi geografis (Geographic Information System / GIS), untuk keperluan analisis lebih lanjut (Septiana, et al., 2017).

6) *Coregistration*

Coregistration merupakan tahap pengolahan citra Sentinel-1 SAR yang bertujuan untuk menyelaraskan dua citra atau lebih sehingga posisi setiap piksel pada citra-citra tersebut sesuai secara spasial.

Dalam penelitian ini, citra yang digunakan sebagai master adalah citra yang direkam sebelum peristiwa banjir, sedangkan citra yang digunakan sebagai slave adalah citra yang direkam saat peristiwa banjir terjadi. Proses coregistration dilakukan dengan cara menggeser posisi piksel pada citra slave agar sejajar dengan posisi piksel pada citra master hingga mencapai tingkat akurasi sub-pixel. Penyelarasan ini sangat penting untuk memastikan bahwa perbandingan antara kedua citra menggambarkan perubahan kondisi di lapangan secara tepat, bukan akibat perbedaan posisi atau distorsi spasial. Dengan adanya proses ini, setiap lokasi pada permukaan bumi yang terekam dalam kedua citra akan berada pada koordinat yang sama, sehingga memungkinkan analisis perbedaan atau change detection dilakukan dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Coregistration menjadi tahap krusial, terutama dalam studi pemantauan bencana seperti banjir, karena kesalahan penyelarasan dapat menyebabkan interpretasi yang keliru terhadap perubahan yang terdeteksi. Adapun skrip yang digunakan untuk Terrain Correction adalah sebagai berikut:

```

var pixelArea = ee.Image.pixelArea();
var areaPermanen =
pixelArea.updateMask(permanentWater).reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: area,
  scale: 10,
  maxPixels: 1e9
});
var areaMusiman =
pixelArea.updateMask(seasonalWater).reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: area,
  scale: 10,
  maxPixels: 1e9
});
var areaKering =
pixelArea.updateMask(dryArea).reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: area,
  scale: 10,
  maxPixels: 1e9
});
print('Luas Air Permanen (m²):', areaPermanen);
print('Luas Air Musiman (m²):', areaMusiman);
print('Luas Area Kering (m²):', areaKering);

```

7) Export Citra

Proses ekspor citra Sentinel-1 ke Google Drive di *Google Earth Engine* (GEE) merupakan tahap akhir setelah seluruh langkah *pre-processing* selesai dilakukan, seperti *Apply Orbit File*, *Radiometric Calibration*, *Speckle Filtering*, dan *Terrain Correction*. Proses ini bertujuan untuk menyimpan hasil pengolahan citra radar dalam format GeoTIFF (.tif) sehingga dapat digunakan kembali di software lain seperti QGIS, ArcGIS, atau untuk analisis lanjutan di luar GEE. Adapun skrip yang digunakan untuk Export Citra adalah sebagai berikut:

```
Export.image.toDrive({  
  image: classified,  
  description: 'klasifikasi_air_banjir',  
  folder: 'GEE_Export',  
  fileNamePrefix: 'klasifikasi_air_permanen_musiman',  
  region: area,  
  scale: 10,  
  maxPixels: 1e9  
})
```

Setelah skrip dijalankan, pengguna perlu membuka tab Tasks di panel kanan GEE, kemudian menekan tombol Run untuk memulai proses ekspor. Lama waktu ekspor tergantung pada ukuran area dan resolusi citra yang digunakan. Hasil akhirnya berupa file GeoTIFF yang tersimpan otomatis di folder Google Drive sesuai nama yang ditentukan, dan siap digunakan untuk analisis lebih lanjut seperti pemetaan daerah banjir, perubahan tutupan lahan, atau kajian kerawanan wilayah.

8) Layout Citra

Setelah citra satelit Sentinel-1 diekspor dari *Google Earth Engine* (GEE), proses pengolahan dilanjutkan di ArcGIS untuk melakukan analisis spasial yang lebih mendalam dan visualisasi yang lebih detail. Di ArcGIS, data hasil ekspor (biasanya dalam format GeoTIFF) dapat diproses melalui beberapa tahapan, seperti *layer stacking*, pemotongan (*clipping*) sesuai batas wilayah penelitian, pengaturan sistem proyeksi koordinat, serta peningkatan kontras atau *stretching* untuk memperjelas perbedaan nilai piksel. Selain itu, dilakukan juga analisis lanjutan seperti klasifikasi, ekstraksi genangan banjir, atau pembuatan peta tematik berdasarkan nilai backscatter dari band VV dan VH. Pengolahan di ArcGIS memungkinkan peneliti untuk memadukan data Sentinel-1 dengan data spasial lain, seperti peta ketinggian, curah hujan, dan tutupan lahan, sehingga menghasilkan interpretasi yang lebih akurat terhadap kondisi permukaan bumi pasca-banjir.

2.1.2.2 Pengolahan parameter kerawanan banjir

Metode yang digunakan dalam pemodelan tingkat kerawanan banjir mencakup proses skoring, pembobotan, dan overlay terhadap berbagai parameter yang memengaruhi kerawanan banjir. Berikut ini adalah rincian

masing-masing parameter yang digunakan dalam analisis.

1. Curah hujan

Curah hujan yang tinggi berpotensi besar memicu terjadinya banjir, sebab volume air yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan pada curah hujan sedang atau rendah. Oleh karena itu, penentuan skor dilakukan berdasarkan intensitas curah hujan di wilayah penelitian, dengan skor yang semakin tinggi seiring meningkatnya curah hujan.

Table 1 Kelas Cerah Hujan (*Darmawan, et al., 2017*)

No	Rata-rata CH (mm/tahun)	Deskripsi	Nilai
1	>3000	Sangat lebat	5
2	2501 - 3000	Lebat	4
3	2001 - 2500	Sedang	3
4	1500 - 2000	Ringan	2
5	<1500	Sangat ringan	1

2. Penutupan lahan

Penutupan lahan merupakan faktor penting yang mempengaruhi kemampuan suatu wilayah dalam menyerap air hujan. Area dengan vegetasi lebat mampu menahan dan menyerap air lebih baik, sehingga dapat mengurangi limpasan permukaan. Sebaliknya, wilayah yang didominasi bangunan atau permukaan kedap air memiliki daya serap rendah yang berpotensi meningkatkan risiko banjir.

Table 2 Kelas Penutupan Lahan (*Darmawan, et al., 2017*)

No	Tipe tutupan lahan	Nilai
1	Pemukiman/tanah kosong	5
2	Sawah/tambak	4
3	Ladang/kebun	3
4	Semak//belukar	2
5	Hutan	1

b. Jenis tanah

Jenis tanah berperan penting dalam menentukan kemampuan infiltrasi air ke dalam tanah. Semakin tinggi kemampuan tanah menyerap air, semakin kecil potensi terjadinya banjir. Sebaliknya, tanah dengan daya serap rendah akan meningkatkan risiko genangan dan banjir (Matondang, et al., 2013)

Table 3 Kelas Jenis Tanah (*Darmawan, et al., 2017*)

No	Jenis tanah	Deskripsi	Nilai
1	Alluvial, planosol, himofir kelabu	Tidak peka	5
2	Latosol	Agak peka	4

3	Tanah hutan coklat, tanah mediteran	Kepekaan sedang	3
4	Andosol, laterik, grumusol, podzol, podzolic	Peka	2
5	Regosol, litosol	Sangat peka	1

c. Ketinggian/Elevasi

Ketinggian suatu wilayah berpengaruh terhadap potensi terjadinya banjir. Air akan mengalir mengikuti gaya gravitasi, yaitu dari daerah yang lebih tinggi menuju daerah yang lebih rendah. Oleh karena itu, wilayah dengan ketinggian tinggi cenderung memiliki risiko banjir yang lebih kecil, sedangkan wilayah dengan ketinggian rendah memiliki risiko banjir yang lebih besar.

Table 4 Kelas Elevasi (*Darmawan, et al., 2017*)

No	Elevasi (m)	Nilai
1	<10	5
2	10-50	4
3	50-100	3
4	100-200	2
5	>200	1

d. Kemiringan Lereng

Parameter kemiringan lereng diperoleh dari perhitungan perbandingan antara jarak vertikal dan jarak horizontal yang dinyatakan dalam persen. Wilayah dengan lereng yang landai memiliki potensi banjir lebih besar karena aliran air cenderung melambat dan tertahan. Sebaliknya, wilayah dengan lereng curam memungkinkan air mengalir lebih cepat sehingga risiko banjir lebih kecil.

Table 5 Kelas Curah Hujan (*Darmawan, et al., 2017*)

No	Kemiringan	Deskripsi	Nilai
1	0-8%	Datar	5
2	8-15%	Landai	4
3	15-25%	Agak curam	3
4	25-45%	Curam	2
5	>45%	Sangat curam	1

e. Jarak Dari Sungai

Jarak dari sungai berpengaruh terhadap potensi banjir karena daerah yang berada lebih dekat dengan aliran sungai memiliki risiko lebih tinggi untuk tergenang ketika debit air sungai meningkat akibat curah hujan tinggi atau luapan air dari hulu. Saat kapasitas tampung sungai tidak mampu

menampung volume air yang berlebih, air akan meluap ke wilayah sekitarnya, terutama ke dataran rendah di sepanjang bantaran sungai. Sebaliknya, semakin jauh jarak suatu wilayah dari sungai, maka potensi terkena dampak langsung luapan air semakin kecil karena perbedaan elevasi dan jarak aliran permukaan yang lebih panjang.

Table 6 Kelas Elevasi (*Darmawan, et al., 2017*)

No	Jarak Dari Sungai	Deskripsi	Nilai
1	<25	Sangat Dekat	5
2	25-100	Dekat	4
3	100-300	Cukup Jauh	3
4	300-500	Jauh	2
5	>500	Sangat Jauh	1

Setelah proses skoring, dilakukan pembobotan dan overlay yang menghasilkan empat kelas tingkat kerawanan, yaitu aman, tidak rawan, rawan, dan sangat rawan. Dalam proses pembobotan, semakin besar pengaruh suatu parameter terhadap terjadinya banjir, maka bobot yang diberikan akan semakin tinggi. Tahapan ini bertujuan untuk memperoleh peta kerawanan banjir yang lebih akurat berdasarkan kontribusi masing-masing parameter.

Table 7 Faktor Pembobot (*Primayuda, 2006*)

No	Parameter	Bobot
1	Curah Hujan	0,30
2	Penutupan Lahan	0,20
3	Jenis Tanah	0,20
4	Ketinggian/Elevasi	0,10
5	Kemiringan Lereng	0,10
6	Jarak Dari Sungai	0,10

2.1.3 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini yaitu untuk melihat sebaran genangan banjir yang dilakukan melalui dua tahap, yaitu analisis luas genangan dan analisis pola sebaran genangan. Data hasil pengolahan dari *Google Earth Engine* (GEE) diekspor dan diunduh, kemudian diproses menggunakan aplikasi ArcGIS Pro. Tahap selanjutnya adalah melakukan proyeksi data ke sistem koordinat UTM zona 50S, dilanjutkan dengan proses vektorisasi untuk memungkinkan perhitungan *calculate geometry* sehingga diperoleh total luas genangan banjir. Untuk mendapatkan pola sebaran genangan banjir, dilakukan proses overlay dengan data vektor sungai Provinsi Kalimantan Selatan. Hasilnya menampilkan distribusi genangan banjir yang terintegrasi dengan jaringan sungai di wilayah tersebut. Analisis ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tingkat kerawanan banjir di wilayah penelitian, dengan keluaran akhir berupa peta kelas kerawanan. Data kelas kerawanan tersebut kemudian di-overlay dengan data lokasi gua

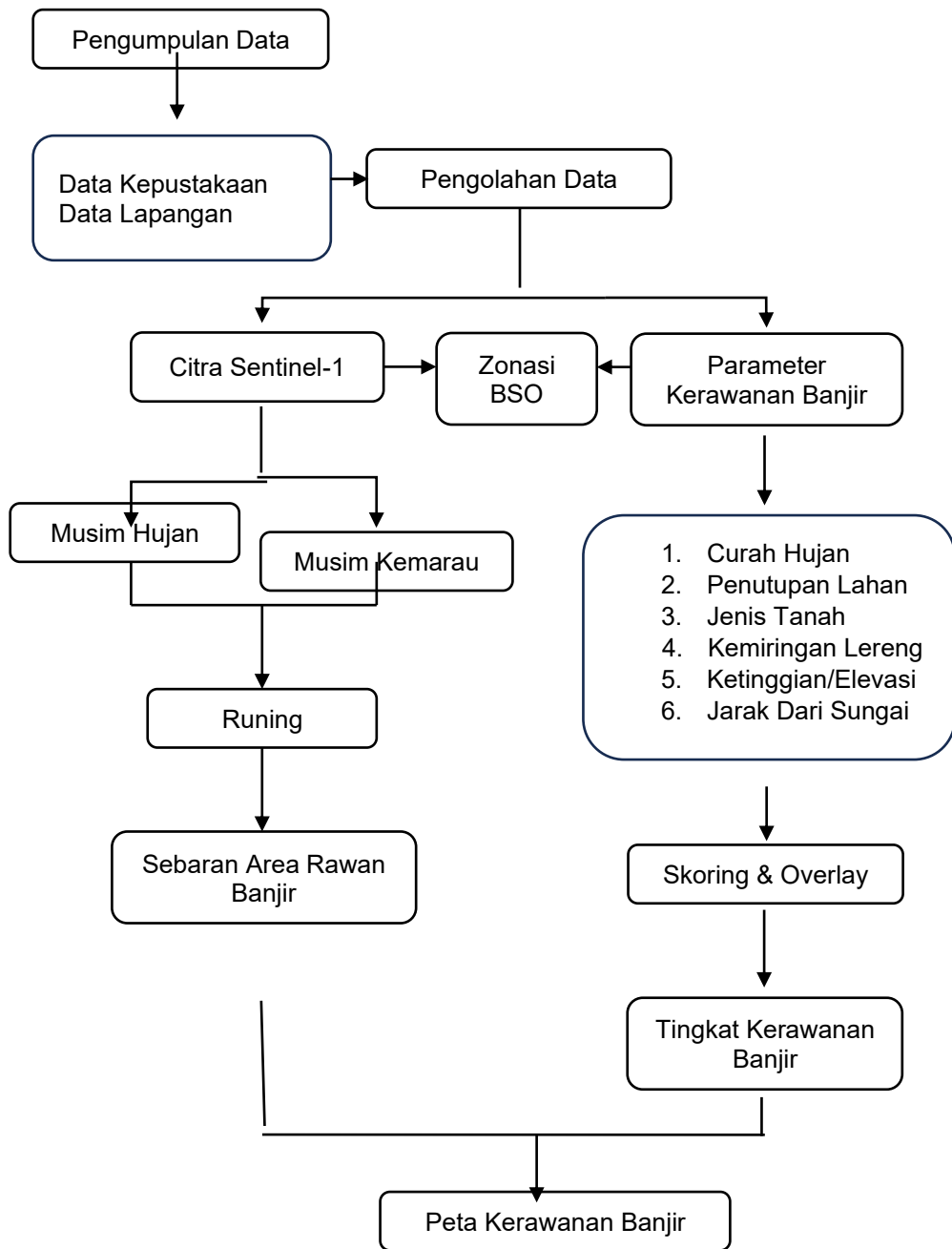
prasejarah menggunakan *ArcToolbox* pada ArcGIS, tepatnya pada menu Analyst Tools → Overlay → Intersect, untuk mengidentifikasi situs yang berpotensi terancam banjir secara langsung.

Pembuatan kelas kerawanan dilakukan dengan menerapkan persamaan matematis yang menggabungkan hasil skoring dan pembobotan. Daerah dengan nilai total tertinggi dikategorikan sebagai sangat rawan banjir, sedangkan nilai terendah menunjukkan daerah tidak rawan banjir. Dalam penelitian ini, tingkat kerawanan dibagi menjadi empat kelas. Tabel 9 menampilkan pembagian kelas tersebut berdasarkan nilai kerawanan yang diperoleh dari penjumlahan skor tiap parameter banjir. Agar dapat membuat kelas kerawanan terhadap banjir maka diperlukan persamaan matematis dengan cara menggabungkan antara skoring dan bobot, persamaan yang dimaksud yaitu :

Nilai kerawanan banjir diperoleh dari total penjumlahan skor dari keenam parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu curah hujan, kelerengan, ketinggian lahan, jenis tanah, penggunaan lahan dan jarak dari sungai. Berdasarkan hasil perhitungan nilai kerawanan dapat ditentukan kelas kerawanan bencana banjir di daerah penelitian dengan membagi kelas kerawanan banjir menjadi lima yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Klasifikasi kelas kerawanan banjir disajikan dalam tabel 9

Table 8 Analisis Tingkat Rawan Banjir (*Darmawan, et al., 2017*)

No	Tingkat kerawanan banjir	Nilai total
1	Sangat rawan banjir	4-5
2	Rawan banjir	3-4
3	Agak Rawan	2-3
4	Kurang Rawan banjir	1-2
5	Tidak Rawan banjir	<1



Bagan 2 Alur Metode Penelitian

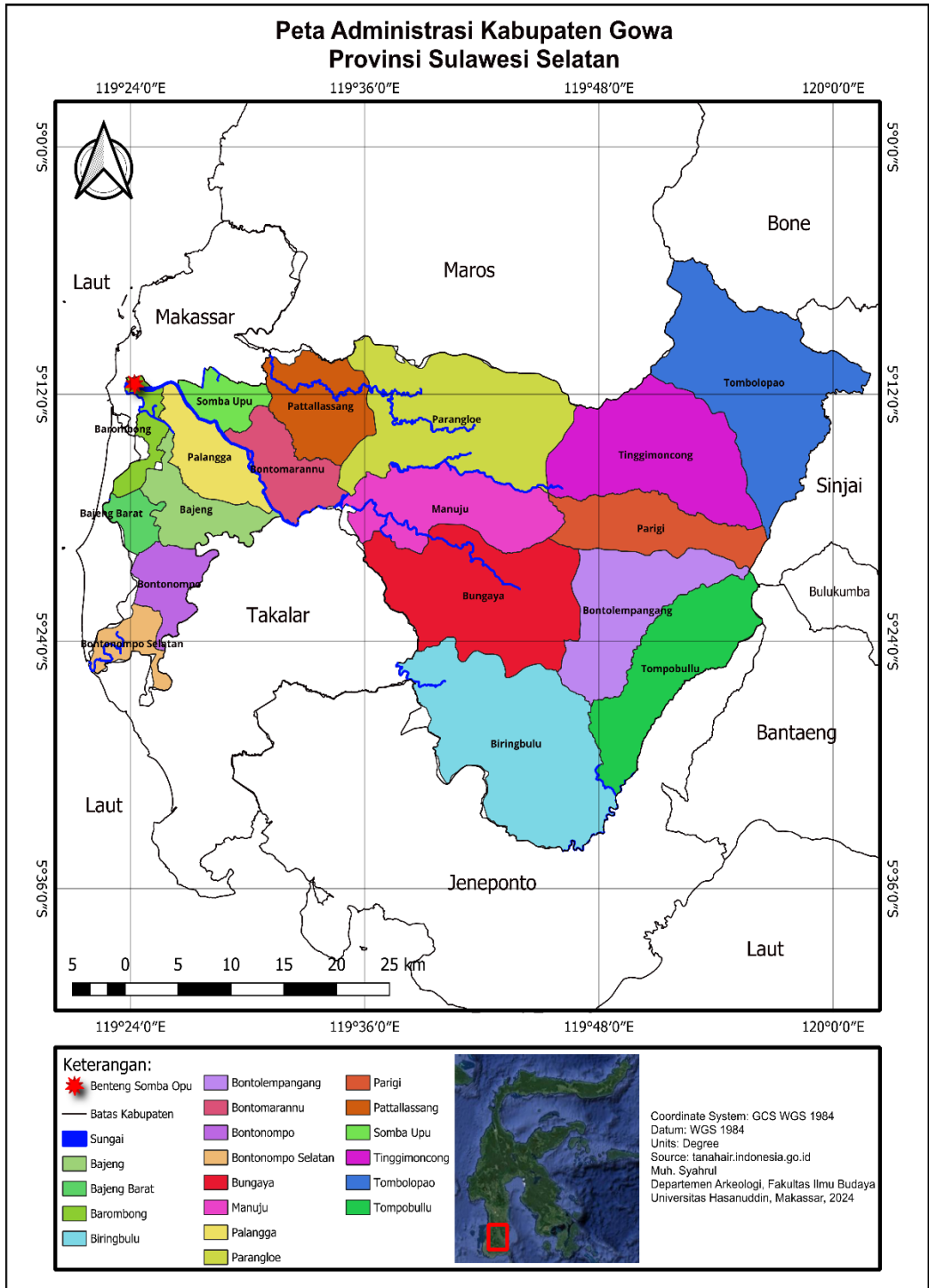
2.2 Profil Wilayah Kabupaten Gowa

2.2.1 Letak dan Luas Wilayah

Kabupaten Gowa secara geografis terletak pada koordinat 12°33.19' – 13°15.17'

BT dan 5°5' – 5°34.7' LS dari Jakarta, dengan luas wilayah mencapai 1.883,33 km². Wilayah ini berbatasan dengan Kabupaten Maros dan Kota Makassar di sebelah utara, Kabupaten Takalar dan Kabupaten Jeneponto di sebelah selatan, Kabupaten Sinjai, Kabupaten Bulukumba, dan Kabupaten Bantaeng di sebelah timur, serta Kota Makassar dan Kabupaten Takalar di sebelah barat. Letak strategis ini menjadikan Gowa sebagai salah satu daerah penting di Provinsi Sulawesi Selatan, baik dari segi aksesibilitas maupun potensi pengembangan wilayah. Kabupaten Gowa memiliki luas wilayah sekitar 1.883,33 km² atau setara dengan 3,01 persen dari total luas Provinsi Sulawesi Selatan.

Secara administratif, wilayah ini terbagi menjadi 18 kecamatan dan 167 desa/kelurahan. Sebagian besar wilayah Kabupaten Gowa berupa dataran tinggi, yang mencakup sekitar 72,26 persen dari total wilayah. Terdapat sembilan kecamatan yang termasuk dalam kawasan dataran tinggi, yaitu Parangloe, Manuju, Tinggimoncong, Tombolo Pao, Parigi, Bungaya, Bontolempangan, Tompobulu, dan Biringbulu. Dari keseluruhan luas wilayah, sekitar 35,30 persen memiliki kemiringan lereng di atas 40 derajat, terutama di Kecamatan Parangloe, Tinggimoncong, Bungaya, dan Tompobulu. Kabupaten Gowa juga dilintasi oleh 15 sungai besar, dengan Sungai Jeneberang sebagai yang terluas daerah alirannya, yaitu sekitar 881 km² dengan panjang aliran mencapai 90 km, (DPMPTSP, 2020). Jumlah penduduk di kabupaten Gowa terakhir pada tahun 2024 tercatat berjumlah 825.356 jiwa dengan tingkat kepadatan penduduk mencapai 438 jiwa/km² dan Kecamatan Somba Opu merupakan kecamatan dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi yaitu sebesar 5.700 jiwa/km² sedangkan yang terendah berada di Kecamatan Panglaoe yaitu sebesar 91 jiwa/km² (BPS, 2025) berikut peta administrasi wilayah kabupaten Gowa dibawah ini.



Gambar 1 Peta Administrasi Kabupaten Gowa

2.2.2 Kondisi Geografis Kabupaten Gowa

Kabupaten Gowa secara geografis terdiri dari dua kawasan yaitu dataran rendah

dan dataran tinggi, untuk dataran rendah terdiri dari sembilan kecamatan yaitu Somba Opu, Pallangga, Barombong, Bajeng, Bajeng Barat, Bontonompo Selatan, Bontomarannu, Pattalassang sedangkan untuk dataran tinggi meliputi Parangloe, Manuju, Tinggimoncong, Parigi, Tmbolo Pao, Bungaya, Bontolempangan, Tompobulu, dan Biringbulu berikut cakupan kondisi geografis di wilayah Kabupaten Gowa :

1. Curah Hujan Wilayah Kabupaten Gowa

Kabupaten Gowa seperti di tempat lain di Indonesia, hanya ada dua musim, yakni musim kemarau dan musim hujan. Musim kemarau biasanya terjadi dari Juni hingga September, sedangkan musim hujan biasanya terjadi dari Desember hingga Maret. Setelah masa peralihan, yang berlangsung dari April hingga Mei dan Oktober hingga November, kondisi ini berganti setiap setengah tahun.

Table 9 Jumlah Curah Hujan (mm) Kabupaten Gowa 2020-2024

Bulan	2020	2021	2022	2023	2024
Januari	469	798	643	600	284
Februari	702	531	560	463	270
Maret	296	512	369	349	208
April	79	377	160	285	139,6
Mei	251	133	422	160	79,6
Juni	71	200	116	142	55,3
Juli	14	101	17	26	26,4
Agustus	15	90	59	39	8,7
September	22	130	28	93	16,2
Oktober	157	228	395	262	48,6
November	93	716	318	502	117
Desember	829	846	824	998	228,9
Jumlah	2998	4662	3911	3.919	1481,4

Jika dilihat dari statistik data curah hujan di atas dapat diketahui bahwa tahun 2024 merupakan tahun yang memiliki Tingkat intensitas hujan yang sangat tinggi 1481,4 mm² sedangkan sedangkan Tingkat intensitas hujan yang terendah yaitu pada tahun 2020 sekitar 2998 mm² sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat peningkatan intensitas hujan tiap tahun. Meskipun prediksi curah hujan untuk tahun-tahun berikutnya belum bisa dipastikan, namun terdapat praduga bahwa kenaikan intensitas hujan akan terus berlanjut yang dapat meningkatkan asumsi akan adanya banjir.

2. Penutupan Lahan

Kabupaten Gowa memiliki komposisi lahan yang didominasi oleh kebun campuran, hutan, dan ladang, yang mencerminkan karakter ekonomi agraris wilayah ini. Di sisi lain, sawah (baik irigasi maupun tadah hujan) juga signifikan, tapi mengalami tekanan dan penurunan luas di era modern. Fenomena mencolok lainnya

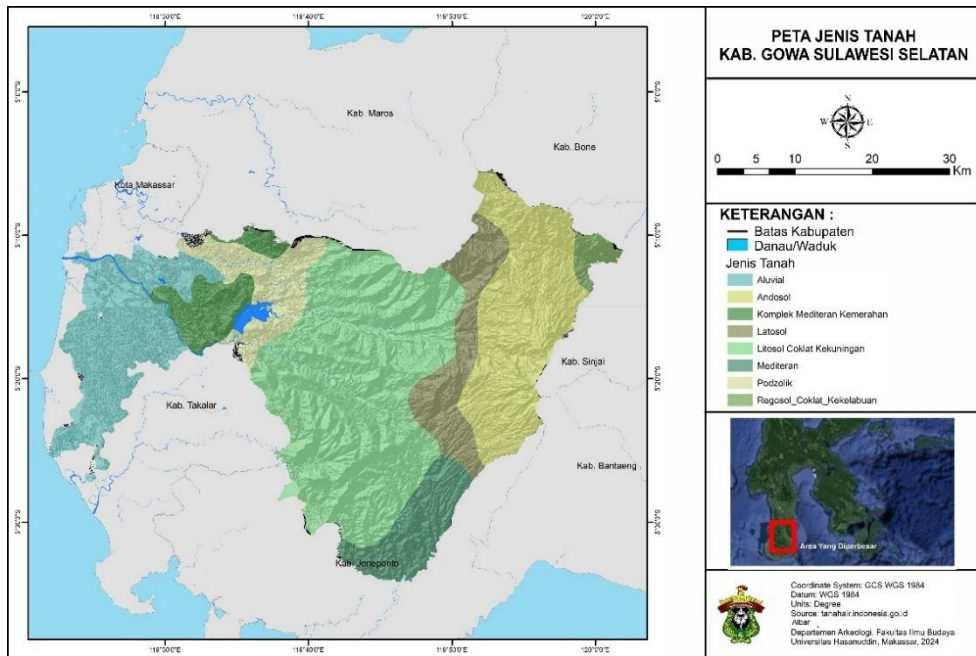
adalah meningkatnya lahan gundul dan vegetasi alami, bersamaan dengan menyusutnya lahan terbangun dan sawah, yang mencerminkan dinamika penggunaan lahan yang cepat berubah dipicu oleh urbanisasi, konversi lahan, serta kebijakan ruang wilayah.

Table 10 Penutupan Lahan di Kawasan Situs Benteng Somba Opu

No	Penutupan Lahan	Luas	
		Ha	%
1	Hutan	47.097	26,13
2	Ladang/tegalan	52.115,51	28,92
3	Tubuh air	2.627	1,46
4	Lahan kosong	484	0,27
5	Pemukiman	6.114,95	3,39
6	Pertanian lahan kering	11.079,94	6,15
7	Sawah Irigasi	18.918,36	10,50
8	Sawah tadah hujan	15.033,62	8,34
9	Semak Belukar	26.151,77	14,51
10	Hutan pinus	290,91	0,16
11	Rawa	193,92	0,11

3. Jenis Tanah

Jenis tanah di Kabupaten Gowa dipengaruhi oleh formasi geologi kompleks dari endapan aluvial, tanah vulkanik alluvial/piroklastik, hingga sedimen vulkanik tua di pegunungan. Sifat fisik dan permeabilitas tanah ini penting dalam menentukan potensi air tanah, stabilitas lahan, serta cocok atau tidaknya lahan untuk pembangunan, pertanian, atau konservasi. Infrastruktur seperti jalur drainase juga harus menyesuaikan dengan karakteristik tanah di daerahnya. Struktur wilayah Kabupaten Gowa cukup beragam mulai dari gugusan batuan breksi, lava dan konglomerat (Tmcv) yang ditemukan di sebelah Timur Kecamatan Tompobulu, Bungaya, Manuju, Tombolo Pao, dan Tinggimoncong selanjutnya struktur batuan alluvium (Qac) berupa pasir lempung dan batu gamping ditemukan di wilayah Pantai sekitar Kecamatan Barombong, Palangga, dan Bajeng sedangkan batuan sedimen Tmc dapat ditemukan wilayah Kecamatan Somba Opu (BPPD, 2015). Satuan struktur sedimen Tmc merupakan struktur tanah yang didominasi lempung atau napal yang membuat air hujan sulit meresap ke tanah sehingga mengakibatkan air hanya mengalir ke permukaan yang dapat menyebabkan genangan dan banjir sehingga hal tersebut juga menjadi faktor keterancaman wilayah Somba Opu dapat terjadi banjir (Yuskar, et al., 2018).



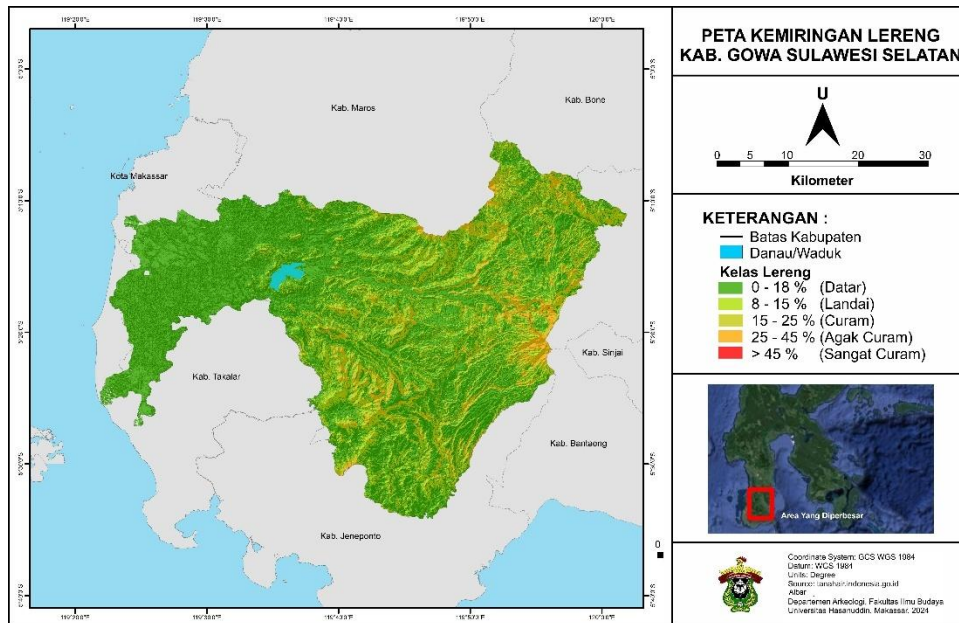
Gambar 2 Peta Jenis Tanah Kabupaten Gowa

4. Kemiringan Lereng

Kabupaten Gowa memiliki kondisi topografi yang beragam, mulai dari wilayah datar hingga perbukitan curam. Bagian barat umumnya didominasi lahan datar dengan kemiringan 0–8%, sedangkan ke arah timur dan selatan kondisi lereng semakin bergelombang hingga berbukit dengan kelas kemiringan 8–25%. Sebagian wilayah, terutama di kecamatan seperti Parangloe, Tinggimoncong, Bungaya, Bontolempangan, dan Tompobulu, memiliki lereng curam hingga sangat curam dengan kemiringan lebih dari 40%. Secara keseluruhan, sekitar 30% wilayah Gowa berupa lahan datar, 20–25% bergelombang hingga miring, dan 15–20% lainnya berbentuk perbukitan curam. Variasi kemiringan lereng ini memengaruhi penggunaan lahan, potensi pertanian, serta kerentanan terhadap erosi dan longsor di beberapa Kawasan (rasyid, et al., 2024).

Table 11 Kemiringan Lereng Kabupaten Gowa

No.	Kemiringan (%)	Luas (Km)	Persentase (%)
1.	0-8	477	26,80
2.	8-15	250	14,02
3.	15-25	350	19,63
4.	25-45	396	22,25
5.	>45	308	17,29



Gambar 3 Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Gowa

5. Ketinggian/Elevasi

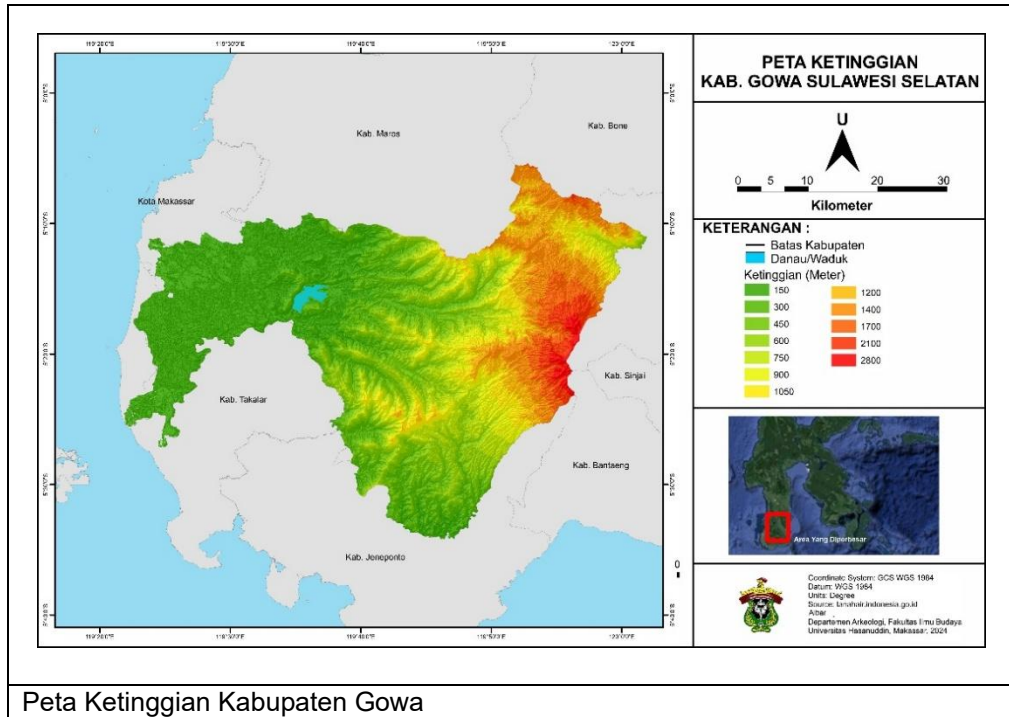
Kabupaten Gowa memiliki kondisi topografi yang beragam, mulai dari wilayah datar hingga perbukitan curam. Bagian barat umumnya didominasi lahan datar dengan kemiringan 0–8%, sedangkan ke arah timur dan selatan kondisi lereng semakin bergelombang hingga berbukit dengan kelas kemiringan 8–25%. Sebagian wilayah, terutama di kecamatan seperti Parangloe, Tinggimoncong, Bungaya, Bontolempangan, dan Tompobulu, memiliki lereng curam hingga sangat curam dengan kemiringan lebih dari 40%. Secara keseluruhan, sekitar 30% wilayah Gowa berupa lahan datar, 20–25% bergelombang hingga miring, dan 15–20% lainnya berbentuk perbukitan curam, wilayah Kabupaten Gowa memiliki variasi ketinggian daratan mulai dari 0-5000 meter

Table 12 Luas Menurut Ketinggian di Kabupaten Gowa (Sumber : Dokumen KLHS RPRJD Kabupaten Gowa)

No	Kecamatan	Luas Wilayah (Ha)	Luas Eleveasi dpl (Ha)		
			Dataran 0-100	Perbukitan 100-1000	Pegunungan 1000-2900
1.	Bontonompo	3.831,73	3.831,73	0	0
2.	Bontonompo Selatan	3.931,73	3.931,73	0	0
3.	Bajeng	5.253,89	5.253,89	0	0
4.	Bajeng Barat	1.903,03	1.903,03	0	0

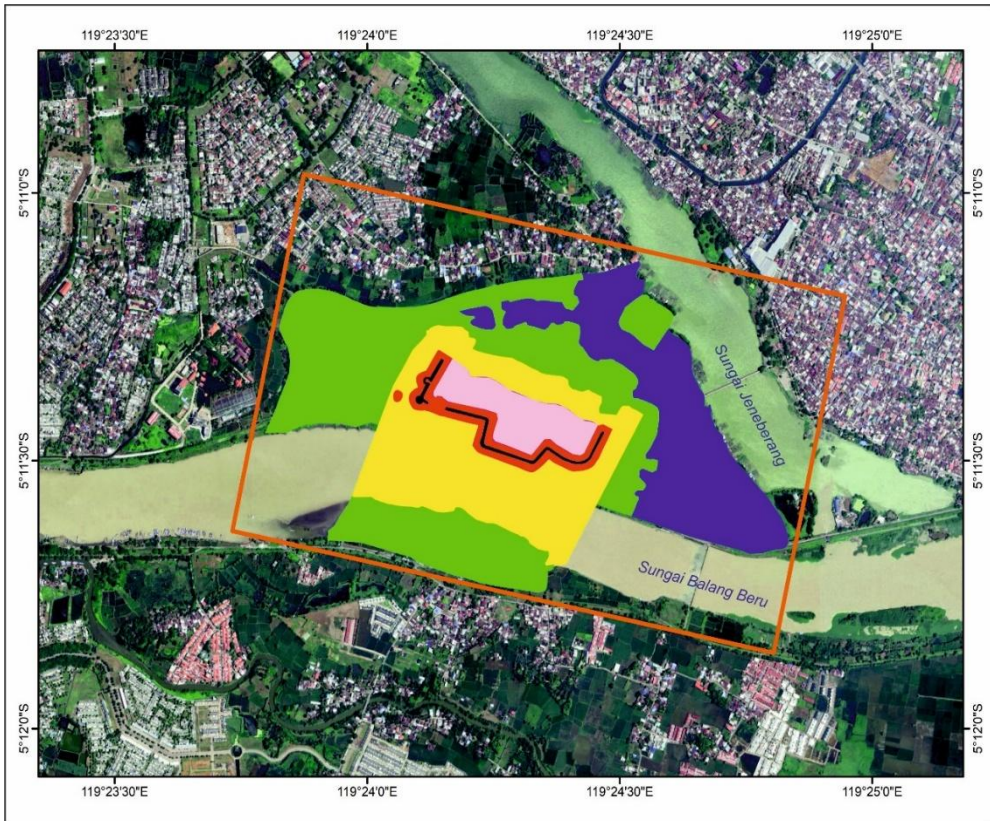
5.	Palangga	5.276,18	5.276,18	0	0
6.	Barombong	3.898,41	3.898,41	0	0
7.	Somba Opu	2.968,01	2.968,01	0	0
8.	Bontomarannu	4.573,97	4.573,97	365,08	0
9.	Pattallassang	8.193,36	7.171,82	1.020,29	0
10.	Parangloe	18.635,16	4.625,32	14.007,17	0
11.	Manuju	9.824,44	1.188,45	8.635,99	0
12.	Tinggimoncong	18.833,90	0	10.450,88	8.383,30
13.	Tombolopao	6.787,66	0	3.790,76	2.997,03
14.	Parigi	20.999,61	0	4.169,32	16.830,77
15.	Bungaya	21.650,66	290,31	20.630,75	729,66
16.	Bontolempangan	9.827,15	0	6.076,53	3.750,82
17.	Tompobulu	12.801,95	0	6.737,29	6.064,79
18.	Biringbulu	22.216,87	370,80	21.807,88	38,23
	Total luas (Ha)	179.980,70	42.731,61	97.691,93	38.794,60
	Persentase (%)		23,74	54,28	54,28

Dilihat dari tabel 14 dapat diketahui bahwa Kecamatan Somba Opu merupakan 2 wilayah dengan dataran paling rendah kedua dari Kecamatan Bajeng yaitu berkisar 0-100 Mdpl dengan luas wilayah 2.968,01 (PPID, 2024) dan dapat diperhitungkan sebagai wilayah dengan dataran rawan banjir.



2.3 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlangsung pada Desember 2024 s/d Agustus 2025. Lokasi penelitian ini berada di Kawasan Situs Benteng Somba Opu yang secara administratif berada di Kelurahan Benteng Somba Opu, Kecamatan Barombong, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Luas area studi dalam penelitian ini 254,32 Ha yang mencakup struktur benteng dan zonasi situs. Kawasan Situs Benteng Somba Opu telah dibagi ke dalam beberapa zona untuk mengontrol pemanfaatan ruang dan penggunaan lahan. Zonasi ini merupakan bagian penting dari pengendalian tata ruang. Sesuai dengan Undang-Undang Cagar Budaya Nomor 11 Tahun 2010, Balai Perlindungan Cagar Budaya (BPCB) melakukan studi zonasi Benteng Somba Opu pada tahun 2011. Hasil studi ini kemudian disahkan oleh Gubernur Sulawesi Selatan saat itu. Zonasi yang ditetapkan meliputi zona inti, pendukung, penunjang, dan pengembangan. Tujuan pengaturan ini adalah melindungi kawasan Benteng Somba Opu dari tekanan penggunaan lahan dan pembangunan yang tidak sesuai dengan upaya pelestarian cagar budaya.



PETA ZONASI KAWASAN SITUS BENTENG SOMBA OPU



2.3.1 Sejarah Benteng Somba Opu

Benteng Somba Opu didirikan pada tahun 1525 M oleh Sultan Daeng Matanre Karaeng Tumapa'risi' Kallonna (Raja Gowa IX) dari material tanah liat. Pada waktu pemerintahan Raja Tunipallangga Ulaweng (Raja Gowa XI), Benteng Somba Opu diperkuat dengan penambahan bangunan *bastion* dan dilengkapi dengan meriam. Fasilitas Benteng Somba Opu terus ditambah dan diperbaiki hingga Raja Karaeng Tunijallo (Raja Gowa XII) dan diberi batu bata oleh Sultan Alauddin (Raja Gowa XIV), kemudian disempurnakan dan dijadikan benteng induk serta pusat pemerintahan Kerajaan Gowa oleh Sultan Hasanuddin (Raja Gowa XVI). Kemajuan Makassar sebagai salah satu kota dagang dunia adalah pada masa pemerintahan Sultan Malikussaid (Raja

Gowa XV) dan Mangkubumi I Mandacinna Daeng Sitaba Karaeng Pattingalloang (1639-1654). Pada masa pemerintahan beliau, Kerajaan Gowa-Tallo menjadi sebuah kerajaan terkenal dan banyak mengundang perhatian negeri lain untuk datang ke Makassar. Makassar telah berkedudukan sebagai: 1) pusat perniagaan dari pedagang dan pelaut Makassar dan pangkalan bagi persebaran pelayanan niaga mereka; 2) pelabuhan transit terpenting dari komoditas rempah-rempah dan kayu cendana; 3) daerah yang berkelimpahan produksi pangan (beras dan ternak); 4) Bandar Niaga Internasional; dan 5) pemerintah sangat baik dan toleransi (Tikka, et al., 2011). Dari kelima hal tersebut tercipta hubungan harmonis antara berbagai pihak dalam kegiatan perdagangan dan kehidupan sosial keagamaan.

Pada abad 16-17 Kota Makassar semakin maju dan menjadi salah satu kota yang ramai dikunjungi oleh masyarakat dari berbagai belahan dunia karena memiliki beberapa fasilitas yang berskala internasional seperti bandar niaga Internasional di Somba Opu. Pada abad 16-17 Kota Makassar sudah menjadi kota besar dengan jumlah penduduknya melebihi dari kota Paris juga kota-kota lain di nusantara. Ini menunjukkan perdagangan di kota Makassar saat itu sangat ramai. Pada 1625, sebanyak 22 kapal Portugis mengunjungi pelabuhan setiap tahun lalu Inggris mendirikan pabrik di Makassar pada 1613, Denmark pada 1618; dan Pedagang Spanyol serta Cina mulai muncul pada 1615. Pabrik asing itu berlokasi di utara Somba Opu, di tepi seberang Sungai Jenebereng. Makassar terkenal sebagai kerajaan di mata orang asing. Terlepas dari kenyataan bahwa itu adalah negara Islam, ada tempat-tempat ibadah Kristen dan kota ini adalah rumah bagi sejumlah pengunjung terkemuka (Tikka, et al., 2011).

Ketika Makassar menjadi kota dunia, Sultan Malikussaid (Raja Gowa XV) banyak mengizinkan negara lain untuk membuka loji di Somba Opu dan banyak menjalin persahabatan dengan negara-negara lain di dunia seperti raja Inggris, raja Kastilia di Spanyol, raja Portugis di Lisabon, raja Muda Portugis di Goa (India), Gubernur Spanyol dan Manchente di Mesoliputan (India), Mufti besar Arab Saudi, dan beberapa kerajaan di Nusantara. Pada tanggal 15 Juni 1669, setelah berbulan-bulan terjadi pertempuran sengit antara pasukan Makassar dan Bugis Belanda, tentara Belanda berhasil meledakkan celah 20 meter (65 kaki) di dinding Somba Opu setebal tiga meter yang telah didirikan orang Makassar. Keesokan harinya, terjadi pertempuran besar, Belanda menembakkan 30.000 peluru. Pasukan Belanda dan Bugis, banyak yang terserang penyakit disentri dan penyakit tropis lainnya. Para pejuang Kerajaan Gowa tetap memberikan perlawanan yang gigih atas serangan dan hujan peluru serta menimbulkan banyak korban yang berjatuhan dari kedua belah pihak. Setelah terjadi pertempuran sengit antara Sultan Hasanuddin dengan Belanda dalam perang Makassar, seluruh benteng Somba Opu dikuasai Belanda dan kemudian dihancurkan hingga terendam oleh ombak pasang pada tanggal 24 Juni 1669 (Nuraeda, et al., 2008). Beribu kilo amunisi meledakkan benteng yang tebalnya 12 kaki ini, Istana Somba Opu dibumihanguskan. Kejatuhan Benteng Somba Opu sekaligus merupakan kehancuran Imperium Kerajaan Gowa. Sultan Hasanuddin (Raja Gowa XVI) kalah dalam peperangan. Sultan Hasanuddin mundur ke Benteng Kale Gowa di Maccinik Sombala dan Mangkubumi Karaeng Karunrung meninggalkan istananya di Bontoala kemudian mundur ke Benteng Anak Gowa. Tetapi Belanda mengakui bahwa Perang Makassar merupakan perang yang dahsyat dan terbesar serta memakan waktu paling lama dibanding perang yang dialami

Belanda lain di nusantara. Sultan Hasanuddin dan pasukannya dijuluki ayam-ayam Jantan dari Timur karena semangatnya yang pantang mundur. Benteng dan istana Somba Opu diratakan dengan tanah oleh Belanda dengan demikian maka Makassar menjadi pusat pemerintahan dan perdagangan orang-orang Belanda, poros Somba Opu garis Makassar hilang. Tinggallah Makassar memasuki babak sejarah baru dan Somba Opu yang pernah menjadi pusat pemerintahan kerajaan Gowa tinggal menjadi puing-puing (Sudarwani, et al., 2020).

Benteng Somba Opu ditemukan kembali dalam suatu ekskavasi oleh pusat Penelitian Nasional Arkeologi dengan Suaka dan Purbakala Sulawesi Selatan tahun 1977an lalu pada tahun 1980, penelitian tersebut dilanjutkan oleh pusat penelitian Arkeologi Nasional dengan melakukan survei permukaan. Kemudian pada tahun 1986 Francis David Bulbeck penelitian arkeologis dan historis terutama pada situs-situs penting seperti benteng Kerajaan Gowa-Tallo dan intensifikasi penelitian terakhir dilakukan ekskavasi oleh mahasiswa dan pengawasan dari Suaka peninggalan Sejarah dan Purbakala Sulawesi Selatan pada tahun 198 dimana pada penelitian tersebut banyak ditemukan struktur, artefak, dan ekofak. lalu hasil penelitian-penelitian yang telah dilakukan kemudian dilakukan penindaklanjutan dengan adanya Proyek Miniatur Sulawesi Selatan pada tahun 1989-1990. Benteng Somba Opu direkonstruksi pada tahun 1990 agar tidak bertambah rusak dan menjadi sebuah obyek wisata dan sebuah museum bersejarah (Akbar, 2024). Kini, Benteng Somba Opu dijadikan objek wisata sejarah dan situs cagar budaya, tempat berdirinya museum Karaeng Pattingalloang dan rumah adat dari berbagai suku di Sulawesi Selatan. Situs ini menjadi simbol kejayaan, ketahanan, dan identitas budaya masyarakat Gowa-Makassar, serta saksi bisu perjuangan rakyat Sulawesi Selatan melawan penjajahan.

2.3.2 Nilai Penting Benteng Somba Opu

Benteng Somba Opu memiliki nilai penting bagi sejarah, ilmu pengetahuan pendidikan dan kebudayaan. Benteng Somba Opu memiliki peranan besar dalam sejarah Sulawesi Selatan, Benteng ini menjadi identitas masyarakat Gowa, saksi bisu perjuangan mempertahankan kemerdekaan dari penjajahan, mempunyai nilai penting bagi sejarah perkembangan jaringan perdagangan internasional di Sulawesi Selatan. Benteng Somba Opu merupakan bukti kemampuan teknologi pembangunan pertahanan yang tidak banyak ditemukan di tempat lain. Berdasarkan penilaian yang telah dilakukan Benteng Somba Opu memiliki Nilai Penting sebagai berikut :

1. Nilai Penting Ilmu Pengetahuan

Benteng Somba Opu terbukti telah menumbuhkan minat bagi para ahli bidang ilmu arkeologi, sejarah dan arsitektur baik oleh peneliti dalam negeri maupun dari luar negeri sehingga telah banyak menghasilkan karya ilmiah. Hal ini menunjukkan Benteng Somba Opu menjadi penting dan sumber informasi untuk mengungkap peristiwa sejarah terutama pada masa proses interaksi budaya Nusantara dan Barat. Selain itu hingga kini situs ini masih menjadi tempat penelitian bagi kajian arkeolog dan sejarawan, serta praktek penelitian mahasiswa. Penelitian ini juga telah membuktikan bahwa situs ini dapat menyediakan informasi yang cukup menarik untuk merekonstruksi kemampuan

arkeolog rekayasa (*engineering*), khususnya bangunan pertahanan. Struktur dan artefak yang ditemukan di situs ini dapat menunjukkan tahap-tahap perkembangan teknologi konstruksi bangunan tradisional yang merupakan salah satu khasanah pengetahuan bangsa (*ethno-science*).

2. Nilai Penting Sejarah

Benteng Somba Opu telah menunjukkan peranannya yang besar dalam perjalanan sejarah Sulawesi Selatan maupun Indonesia. Peristiwa yang telah terjadi di situs ini merupakan tonggak yang ikut menentukan sejarah Sulawesi Selatan. Benteng Somba Opu menjadi saksi kegigihan perjuangan, mempertahankan kemerdekaan dan kebebasan dari penjajahan. Bahkan tokoh yang terlibat dalam peristiwa sejarah di sini, yaitu Sultan Hasanuddin, telah ditetapkan sebagai pahlawan Nasional. Sebuah penghargaan tertinggi bagi perjuangannya. Disamping itu, Benteng Somba Opu mempunyai nilai penting bagi sejarah perkembangan Makassar dan peranannya dalam jaringan perdagangan global.

3. Nilai Penting Kebudayaan

Benteng Somba Opu yang memiliki peran dalam sejarah merupakan bagian dari identitas atau jatidiri masyarakat Gowa (Makassar). Benteng Somba Opu adalah lambang persatuan orang Gowa, karena itu Belanda berusaha sekuat tenaga menghancurkan Benteng Somba Opu agar dapat melemahkan semangat orang Gowa. Benteng ini juga menjadi kebanggaan orang Gowa karena dapat menjadi bukti semangat kejuangan dalam mempertahankan kemerdekaan. Semangat dan kejuangan ini diakui secara Nasional sebagai salah satu bukti keteguhan. Bangsa Indonesia menentang penjajahan. Benteng Somba Opu merupakan kebanggaan Masyarakat Sulawesi Selatan secara umum karena dapat menunjukkan kemampuan teknologi bangunan pertahanan tradisional, yang tidak banyak ditemukan di tempat lain di Indonesia.

4. Nilai Penting Pendidikan

Benteng Somba Opu memiliki nilai penting pendidikan bagi publik karena merupakan sarana pendidikan masyarakat, khususnya untuk menumbuhkan nilai keteladanan, semangat kejuangan dan sikap merdeka. Selain itu, juga mempunyai nilai penting bagi pariwisata sejarah dan pendidikan. Nilai penting potensial ini dapat digarap dengan baik dan melalui penyampaian dan penyajian yang menarik serta edukatif. Kajian Pengembangan Benteng Somba Opu 29 Nilai-nilai penting Benteng Somba Opu inilah yang harus dilestarikan dan dikomunikasikan kepada masyarakat melalui keberadaan bukti-bukti fisik (*tangible*) dan tak benda (*intangibe*). Dengan demikian masyarakat tidak hanya mendengar kisah tentang nilai-nilai pentingnya, tetapi juga dapat menyaksikan dan menyentuhinggalan sejarah budaya yang nyata tersebut (BPCB, 2014).