

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemetaan geologi merupakan kegiatan yang penting untuk memahami kondisi geologi suatu daerah. Melalui pengumpulan dan interpretasi data lapangan yang kemudian disajikan dalam bentuk peta tematik, pemetaan geologi memberikan informasi yang bermanfaat untuk berbagai keperluan, seperti evaluasi sumber daya alam, mitigasi bencana geologi, perencanaan tata ruang, dan studi lingkungan (Jaya et al., 2023). Selain itu, peta geologi juga dapat digunakan sebagai dasar risiko geologi yang mungkin terjadi dapat diminimalkan.

Secara teknis, pemetaan geologi merupakan proses penggambaran data geologi pada peta dasar topografi dalam skala tertentu. Kegiatan ini dilakukan melalui pengamatan langsung di lapangan yang meliputi identifikasi jenis dan sebaran batuan, struktur geologi, serta kondisi geomorfologi yang tampak di permukaan. Data hasil pengamatan lapangan tersebut sangat penting untuk menafsirkan proses-proses geologi yang terjadi di masa lalu, sesuai dengan prinsip geologi yang menyatakan bahwa kondisi geologi saat ini dapat digunakan untuk memahami kejadian geologi pada masa lampau (Press & Siever, 2014).

Seiring dengan berkembangnya ilmu geologi, muncul berbagai cabang geologi terapan, seperti geologi pertambangan, geologi minyak dan gas bumi, geologi teknik, dan geologi lingkungan. Seluruh bidang tersebut membutuhkan data geologi yang akurat dan detail. Oleh karena itu, pemetaan geologi skala besar menjadi sangat penting, terutama pada daerah-daerah yang sebelumnya hanya dipetakan secara regional. Pemetaan geologi yang lebih rinci dapat memberikan informasi yang lebih jelas mengenai kondisi stratigrafi, struktur geologi, serta potensi geologi suatu daerah.

Wilayah Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan, secara umum telah tercakup dalam peta geologi regional dengan skala 1:250.000 hingga 1:1.000.000. Berdasarkan peta tersebut, daerah ini termasuk dalam tatanan geologi Kompleks Bantimala dan Formasi Walanae, yang terdiri atas batuan sedimen, batugamping, batupasir, dan endapan kuarter (Ardiansyah et al., 2015). Salah satu daerah yang belum banyak diteliti secara rinci adalah Daerah Kanco dan sekitarnya, Kecamatan Cina, yang secara administratif terletak di Kabupaten Bone. Keberadaan berbagai jenis batuan dan indikasi struktur geologi yang menarik untuk diteliti lebih lanjut (Suyono & Kusnana, 2010).

Selain pemetaan geologi, kajian penentuan umur dan lingkungan pengendapan juga diperlukan untuk membantu penentuan umur relatif batuan serta lingkungan pengendapan. Keberadaan fosil, khususnya mikrofosil pada batuan sedimen, dapat digunakan sebagai penunjuk umur dan korelasi antar satuan batuan. Dengan mengombinasikan pemetaan geologi dan analisis biostratigrafi, diharapkan

interpretasi stratigrafi daerah penelitian dapat dilakukan dengan lebih baik dan akurat.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian dengan judul "Geologi dan Penentuan Umur serta Lingkungan Pengendapan Daerah Kanco dan Sekitarnya, Kecamatan Cina, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan" perlu dilakukan untuk memperoleh gambaran kondisi geologi daerah penelitian secara menyeluruh. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi, serta umur dan lingkungan pengendapan daerah Kanco dan sekitarnya, sehingga dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya serta mendukung kegiatan eksplorasi pembangunan, dan mitigasi geologi di wilayah tersebut

1.2 Maksud dan Tujuan

Penelitian geologi dan penentuan umur serta lingkungan pengendapan ini dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai kondisi geologi suatu wilayah melalui pemetaan geologi permukaan secara rinci serta analisis umur dan lingkungan pengendapan berdasarkan kandungan fosil foraminifera. Daerah yang menjadi lokasi penelitian adalah Daerah Kanco dan sekitarnya, Kecamatan Cina, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. Informasi geologi wilayah ini masih didominasi oleh data berskala regional, sehingga diperlukan pemetaan geologi skala besar (1:25.000) yang didukung oleh kajian biostratigrafi guna mengungkap kondisi geologi lokal secara lebih detail dan menyeluruh.

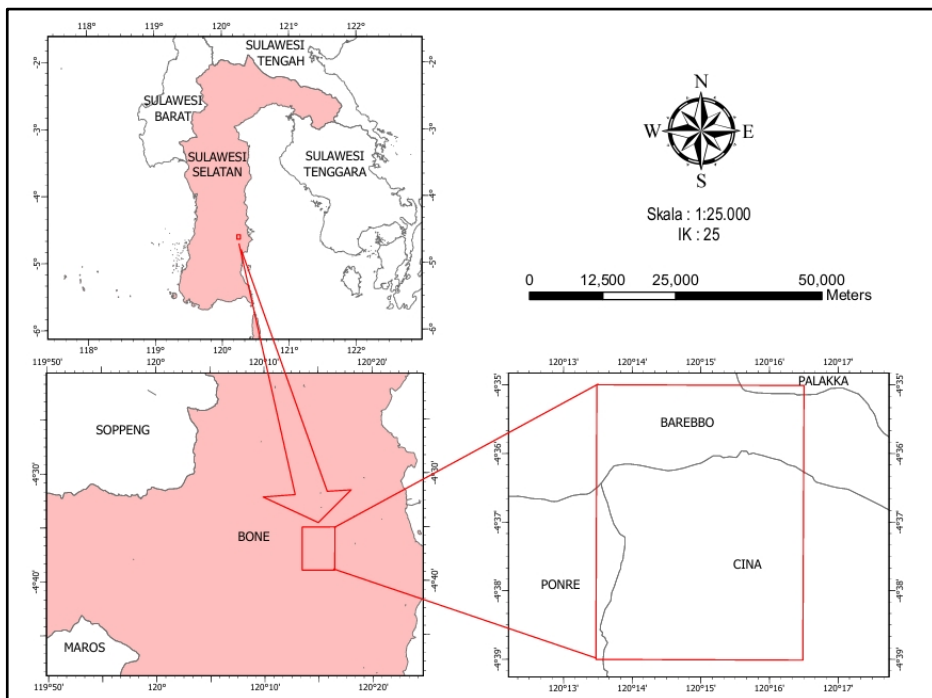
Berdasarkan maksud tersebut, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menginterpretasikan kondisi geomorfologi daerah penelitian yang meliputi klasifikasi satuan bentuklahan, tingkat erosi, derajat pelapukan, serta karakteristik sistem sungai, seperti pola aliran, klasifikasi sungai, tipe genetik, dan stadia perkembangan sungai.
2. Menyusun stratigrafi daerah penelitian yang mencakup penamaan satuan batuan, penyebaran dan ketebalan satuan, ciri-ciri litologi, hubungan antar satuan batuan, serta interpretasi lingkungan pengendapan.
3. Mengidentifikasi dan menganalisis struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian serta menafsirkan mekanisme pembentukannya.
4. Mengetahui potensi bahan galian yang terdapat di daerah penelitian serta kemungkinan pemanfaatannya bagi masyarakat sekitar.
5. Memberikan informasi mengenai kandungan fosil foraminifera yang terdapat di daerah penelitian.
6. Menentukan umur dan lingkungan pengendapan batuan berdasarkan analisis fosil foraminifera.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada kajian aspek-aspek geologi yang dapat diamati dan dipetakan melalui pemetaan geologi permukaan dengan skala 1:25.000 di Daerah Kanco dan sekitarnya, Kecamatan Cina, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. Ruang lingkup penelitian meliputi kondisi geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi, dan sejarah geologi daerah penelitian. Selain itu, kajian penentuan umur dan lingkungan pengendapan dibatasi pada analisis kandungan fosil foraminifera, khususnya pada satuan batuan sedimen Formasi Taccipi, yang digunakan untuk umur relatif lapisan batuan. Kajian potensi bahan galian dalam penelitian ini dibatasi pada identifikasi jenis dan sebaran bahan galian yang tersingkap di permukaan tanpa melakukan perhitungan sumber daya atau cadangan secara kuantitatif.

1.4 Letak, Luas dan Kesampaian Daerah



Gambar 1 Peta tunjuk lokasi penelitian

Secara administratif, lokasi penelitian berada di wilayah Kanco dan sekitarnya, Kecamatan Cina, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara astronomis, area penelitian terletak antara $120^{\circ}14'00''$ hingga $120^{\circ}17'00''$ Bujur Timur dan $04^{\circ}33'30''$ hingga $04^{\circ}37'30''$ Lintang Selatan, dengan luas wilayah mencapai sekitar $\pm 41 \text{ km}^2$.

Kegiatan pemetaan geologi dilakukan dengan menggunakan peta topografi skala 1:25.000 dari Peta Rupa Bumi Indonesia 1:50.000, Lembar Watampone Nomor

2111-14, yang diterbitkan oleh Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL) pada tahun 1991 (Gambar 1).

Lokasi penelitian ini berjarak ± 176 km ke arah timur laut dari Kota Makassar, ibu kota Provinsi Sulawesi Selatan, serta ± 178 km dari Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Akses menuju lokasi dapat ditempuh menggunakan transportasi darat baik kendaraan roda dua maupun roda empat, dengan waktu tempuh ± 4 jam dari kota Makassar menuju Kecamatan Cina, Kabupaten Bone. Wilayah pemetaan mencakup empat kecamatan, yaitu Kecamatan Cina, Kecamatan Barebbo, Kecamatan Palakka, dan Kecamatan Ponre

1.5 Metode dan Tahapan Penelitian

Metode pengumpulan data dalam penelitian geologi ini di fokuskan pada observasi langsung terhadap kondisi geologi permukaan, yang mencakup data litologi, geomorfologi, struktur geologi serta potensi bahan galian. Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan, yaitu tahap persiapan, kegiatan lapangan, analisis serta pengolahan data hasil lapangan, dan diakhiri dengan penyusunan laporan akhir.

1.5.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode pemetaan geologi permukaan. Metode ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data geologi yang tampak di permukaan, mencakup aspek geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi, serta potensi bahan galian. Pemetaan dilakukan menggunakan peta berskala 1:25.000, di mana jarak antar titik pengamatan geologi di lapangan sekitar ± 250 meter atau 1 cm pada peta.

Dalam pengumpulan data, digunakan tiga jenis lintasan, yaitu lintasan sungai, lintasan jalan, dan lintasan kompas. Lintasan sungai dilakukan di lokasi yang memiliki singkapan geologi yang masih segar. Lintasan jalan mencakup seluruh jalur yang terdapat di area penelitian, terutama jalan baru yang terbuka atau tergerus, karena berpotensi memperlihatkan singkapan geologi segar. Sementara itu, lintasan kompas digunakan ketika terdapat fitur topografi seperti jalan, sungai, atau bukit yang tidak tercantum dalam peta dasar yang digunakan.

1.5.2 Tahapan Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan yang tersusun secara sistematis, meliputi tahapan persiapan, tahap pelaksanaan lapangan, tahap pengolahan data dan analisis laboratorium, serta tahap akhir berupa penyusunan laporan. Seluruh tahapan digambarkan secara rinci dalam diagram alir (Gambar 2).

1.5.2.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan dalam penelitian ini merupakan kegiatan awal yang dilakukan sebelum pelaksanaan pengambilan data di lapangan. Tahap ini terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pengurusan administrasi, yaitu proses perizinan untuk pelaksanaan penelitian yang diajukan kepada Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, serta Pemerintah Kabupaten Bone, dalam hal ini kepada Bupati Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan.
2. Studi literatur, yang bertujuan untuk memahami kondisi geologi wilayah penelitian berdasarkan referensi dari hasil penelitian sebelumnya serta interpretasi awal dari peta topografi guna memperoleh gambaran umum mengenai geologi daerah tersebut. Peta yang digunakan pada penelitian ini meliputi peta topografi berskala 1:25.000 dari Lembar Watampone, Nomor 2111-14, serta Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:50.000 yang diterbitkan oleh BAKOSURTANAL pada tahun 1991.
3. Persiapan perlengkapan lapangan, mencakup pengadaan peta dasar (peta topografi), persiapan alat-alat yang dibutuhkan di lapangan, serta penyusunan rencana kerja.

1.5.2.2 Tahap Pelaksanaan Lapangan

Tahap penelitian lapangan meliputi pemetaan pendahuluan, pemetaan detail, dan pengecekan ulang, dengan tujuan memperoleh data secara sistematis dan deskriptif. Berikut tahapan dalam pelaksanaan lapangan:

1. Pemetaan pendahuluan; dilakukan untuk mengenali kondisi umum lapangan serta menentukan lintasan yang efisien guna pengumpulan data yang optimal.
2. Pemetaan detail; mencakup observasi langsung di lapangan, meliputi:
 - a. Penentuan lokasi pada peta dasar skala 1:25.000 sesuai kondisi medan.
 - b. Pengamatan aspek geomorfologi seperti relief, pelapukan, jenis tanah, erosi, gerakan tanah, serta karakteristik sungai dan penggunaan lahan.
 - c. Identifikasi stratigrafi berdasarkan kondisi singkapan dan hubungan antar satuan batuan, termasuk pengambilan sampel untuk analisis petrografi dan mikropaleontologi.
 - d. Pengukuran struktur geologi seperti kedudukan lapisan batuan, kekar, dan sesar.
 - e. Pengamatan potensi bahan galian dan data pendukung terkait.
 - f. Dokumentasi visual melalui foto dan sketsa lapangan.

1.5.2.3 Tahap Pengolahan Data dan Analisis Laboratorium

Tahapan pengolahan data dan analisis laboratorium merupakan tahapan lanjutan setelah seluruh data lapangan terkumpul. Pada tahap ini, dilakukan pengolahan terhadap data geomorfologi, stratigrafi, stuktur geologi, serta bahan galian.

1. Pengolahan data geomorfologi: meliputi analisis terhadap relief (perbedaan tinggi rata-rata, bentuk lembah, dan puncak), pelapukan (tingkat dan jenis pelapukan, jenis material, serta tipe dan jenis erosi), tanah (jenis, warna, dan ketebalan tanah), serta karakteristik sungai (arah aliran, kedudukan batuan di sungai, profil sungai, dan tipe endapan sungai).
2. Pengolahan data stratigrafi dilaksanakan melalui:
 - a. Pengamatan makroskopis untuk menilai kondisi fisik batuan (warna segar dan lapuk, tekstur, komposisi mineral dan material, struktur, serta komposisi kimia) guna menentukan klasifikasi dan batas litologi.
 - b. Analisis mikroskopis menggunakan mikroskop polarisasi terhadap sayatan tipis untuk melihat tekstur dan kandungan mineral.
 - c. Pengamatan fosil secara makroskopis dan mikroskopis untuk menentukan umur relatif dan lingkungan pengendapan.
 - d. Pembuatan sayatan dan penampang geologi berdasarkan peta geologi daerah penelitian.
 - e. Perhitungan ketebalan satuan batuan.
 - f. Penyusunan kolom stratigrafi daerah penelitian.
3. Pengolahan data struktur: pengolahan data kekar yang dijumpai dilakukan apabila data tersebut ditemukan di lapangan dengan memanfaatkan aplikasi DIPS untuk menghasilkan output berupa diagram roset. Selain itu, dilakukan pula penarikan garis struktur yang mengacu pada data struktur lainnya.
4. Pengolahan data bahan galian: pengolahan dilakukan dengan mengidentifikasi jenis dan keberadaan bahan galian di lokasi penelitian.
5. Pengolahan data mikropaleontologi dilakukan terhadap sampel batuan yang mengandung fosil mikro, khususnya foraminifera. Tahapan ini meliputi preparasi sampel, pengamatan fosil mikro menggunakan mikroskop binokuler, serta identifikasi jenis fosil berdasarkan ciri morfologi. Hasil identifikasi fosil mikro selanjutnya digunakan untuk menentukan umur relatif satuan batuan, serta melakukan korelasi stratigrafi antar satuan. Analisis ini juga digunakan untuk memperkuat interpretasi umur dan lingkungan pengendapan yang diperoleh dari analisis stratigrafi.

1.5.2.4 Tahap Analisis dan Interpretasi Data

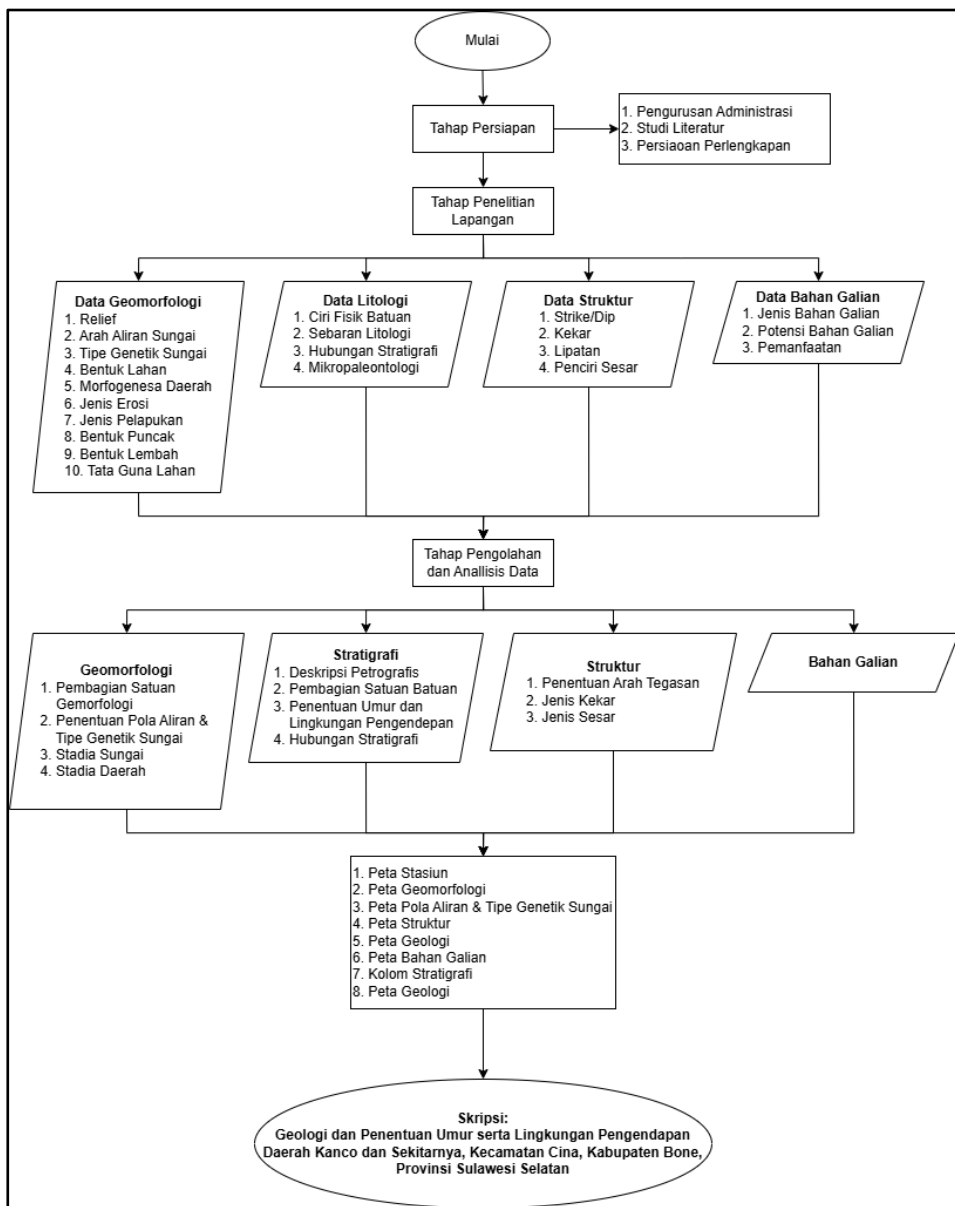
Tahap analisis dan interpretasi data merupakan fase yang dilakukan setelah kegiatan penelitian lapangan dan pengolahan data selesai dilaksanakan. Pada tahap ini, data dianalisis berdasarkan beberapa aspek geologi sebagai berikut:

1. Analisis geomorfologi: analisis ini bertujuan untuk memperoleh gambaran mengenai kondisi geomorfologi daerah penelitian. Kajian ini didasarkan pada pengamatan morfologi permukaan, aspek genetis wilayah, pola dan tipe aliran sungai, stadia perkembangan sungai, data litologi, serta berbagai data tambahan yang diperoleh melalui dokumentasi fotografis dan catatan lapangan.
2. Analisis stratigrafi: analisis ini dilakukan untuk mengklasifikasikan batuan dan satuan batuan berdasarkan prinsip litostratigrafi tidak resmi. Selain itu, analisis ini bertujuan untuk memahami hubungan antar unit litologi di lapangan, karakteristik litologi, serta mengintegrasikan hasil analisis laboratorium serta petrografi dan mikropaleontologi. Data lapangan yang digunakan mencakup observasi perlapisan batuan, ketebalan lapisan, dan kedudukan batuan (kemiringan strata).
3. Analisis petrografi: analisis ini bertujuan untuk mengamati secara rinci kenampakan mikroskopis batuan melalui sayatan tipis (*thin section*). Aspek yang dikaji meliputi jenis batuan, tekstur, struktur, ukuran butir, komposisi, dan persentase mineral penyusun. Hasil analisis ini digunakan untuk menentukan klasifikasi batuan serta melakukan interpretasi terhadap proses petrogenesis.
4. Analisis bahan galian: analisis ini bertujuan untuk menilai potensi sumber daya bahan galian di Lokasi penelitian. Penilaian ini didasarkan pada data sebaran bahan galian, kemudian akses transportasi, serta tingkat pemanfaatannya oleh masyarakat setempat.
5. Analisis struktur: kegiatan ini dilakukan untuk mengidentifikasi jenis struktur serta mekanisme pembentukan struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian. Analisis struktur geologi didasarkan pada data lapangan berupa pengukuran kekar, lipatan serta indikasi sesar yang dijumpai di lokasi. Selain itu, analisis juga didukung oleh data laboratorium, seperti hasil perhitungan kekar.
6. Analisis mikropaleontologi: berdasarkan hasil identifikasi fosil mikro yang diperoleh dari analisis mikropaleontologi. Fosil-fosil penunjuk umur digunakan untuk menentukan, umur relatif satuan batuan, serta korelasi stratigrafi antar satuan di daerah penelitian. Hasil analisis ini juga digunakan untuk memperkuat interpretasi umur dan lingkungan pengendapan, serta menjadi dasar dalam penyusunan kolom stratigrafi, peta lintasan dan rekonstruksi sejarah geologi daerah penelitian.

1.5.2.5 Tahap Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan dilakukan dengan cara mengintegrasikan seluruh hasil analisis data, yang kemudian disusun menjadi laporan pemetaan geologi. Laporan ini terdiri dari beberapa bagian yang tersusun secara sistematis dan terstruktur, sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk menggambarkan kondisi geologi di

wilayah penelitian. Selain laporan utama, juga dibuat sejumlah peta sebagai lampiran meliputi peta geologi, peta geomorfologi, peta struktur geologi, peta potensi bahan galian, peta pola aliran dan tipe genetis sungai, kolom stratigrafi, dan peta lintasan. Seluruh data yang telah selesai diproses kemudian dihipunkan dalam satu laporan pemetaan geologi yang akan dipresentasikan dihadapan dosen pembimbing, dosen penguji, dan mahasiswa dalam Seminar Hasil yang diselenggarakan oleh Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.



Gambar 2 Diagram alir penelitian

1.6 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan selama penelitian berlangsung adalah sebagai berikut:

1. Peta topografi berskala 1:25.000 yang merupakan hasil pembesaran peta rupa bumi skala 1:50.000 terbitan Bakosurtanal.
2. Kompas Geologi
3. Palu Geologi
4. *Global Positioning System (GPS)*
5. Loupe dengan pembesaran 10x
6. Komparator
7. Pita meter
8. Buku catatan lapangan
9. Kontong sampel
10. Larutan HCL (0.1 M)
11. Kamera
12. Alat tulis menulis
13. *Clipboard*
14. Karung
15. Ransel
16. Busur dan Penggaris
17. *Roll meter*
18. Perlengkapan pribadi
19. Mikroskop
20. H₂O₂ 5%
21. Gelas Ukur 50 ml
22. Plastik Cetik
23. Preparat Fosil

1.7 Peneliti Terdahulu

Beberapa ahli geologi telah melakukan penelitian geologi di daerah ini baik secara lokal maupun regional. Hasil penelitian geologi yang dijadikan acuan dalam penelitian ini antara lain:

1. R.W. Van Bemmelen (1949), melakukan penelitian geologi dengan judul "*The Geology of Indonesia*", dalam buku ini peneliti membagi lengan Selatan Sulawesi menjadi dua bagian dengan karakteristik struktur geologi yang berbeda.
2. RAB. Sukanto (1975), melakukan penelitian tentang perkembangan tektonik Sulawesi dan sekitarnya berdasarkan konsep tektonik lempeng.
3. Sukanto (1982), melakukan penelitian dan pemetaan secara umum mengenai geologi regional wilayah Pangkajene dan Watampone Bagian Barat, Sulawesi Selatan.

4. Van Leeuwen et al. (2010), melakukan penelitian tentang evolusi teknostratigrafi cekungan marginal Kenozoikum dan suksesi tepian benua di Pegunungan Bone, Sulawesi Barat Daya.
5. Ngakan Alit Ascaria (1997), yang meneliti perkembangan fasies karbonat dan evolusi Formasi Taccipi Miosen di Sulawesi Selatan, Indonesia.

BAB II GEOMORFOLOGI

2.1 Geomorfologi Regional

Menurut Sukanto (1982), di wilayah Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat terdapat dua deret pegunungan yang memanjang hampir sejajar ke arah utara-barat laut, dan dipisahkan oleh Lembah Sungai Walanae. Pegunungan di bagian barat mencakup hampir setengah dari luas wilayah tersebut, dengan lebar sekitar 50 km di bagian selatan dan menyempit menjadi 22 km di bagian utara. Puncak tertingginya mencapai 1.694 meter, dengan ketinggian rata-rata sekitar 1.500 meter. Pegunungan ini didominasi oleh batuan gunungapi. Pada lereng barat, serta di beberapa bagian lereng timur, ditemukan topografi karst yang menandakan keberadaan batugamping. Di antara topografi karst pada lereng barat, terdapat wilayah perbukitan yang tersusun atas batuan Pra-Tersier. Di sebelah barat daya, daerah ini berbatasan dengan dataran luas Pangkajene-Maros, yang merupakan kelanjutan dari dataran di bagian selatan.

Pegunungan di bagian timur relatif lebih sempit dan memiliki ketinggian yang lebih rendah, dengan ketinggian rata-rata sekitar 700 meter dan puncak tertingginya mencapai 787 meter. Sama seperti pegunungan di sebelah barat, daerah ini juga didominasi oleh batuan gunungapi. Bagian selatannya, yang memiliki lebar sekitar 20 km lebih tinggi, namun ke arah utara, pegunungan ini menyempit dan ketinggiannya menurun hingga akhirnya bertransisi ke batas antara Lembah Walanae dan Dataran Bone. Bagian utara dari pegunungan ini menunjukkan topografi karst dengan permukaan yang sebagai nberbentuk kerucut. Sebelah timur lautnya dibatasi oleh Dataran Bone yang sangat luas, mencakup hampir sepertiga wilayah bagian Timur.

Lembah Walanae, yang memisahkan kedua deret pegunungan tersebut, memiliki lebar sekitar 35 km di bagian utara dan menyempit menjadi 10 km di bagian selatan. Di tengah lembah ini mengalir Sungai Walanae yang mengalir ke arah utara. Bagian selatan lembah berupa perbukitan rendah, sedangkan bagian utaranya merupakan dataran aluvial yang sangat luas dan mengelilingi Danau Tempe.

2.2 Geomorfologi Daerah Penelitian

Pembahasan mengenai aspek geomorfologi didasarkan pada hasil observasi lapangan, interpretasi peta topografi, serta telah literatur yang relevan. Sub-bab ini menguraikan kondisi geomorfologi di Desa Kanco dan sekitarnya, Kecamatan Cina, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. Pembahasan mencakup pembagian satuan geomorfologi, luas cakupan wilayah tiap satuan, bentuk relief, tingkat dan jenis pelapukan yang terjadi, tipe erosi, jenis gerakan tanah (*mass wasting*), kondisi

tanah (*soil*), pola pemanfaatan lahan, serta tahapan perkembangan geomorfologi wilayah tersebut. Selain itu, analisis sistem sungai juga dibahas meliputi klasifikasi morfologi sungai, pola aliran, dan tipe genetis sungai yang berkembang di daerah penelitian.

2.2.1 Satuan Geomorfologi

Para ahli geomorfologi telah memberikan berbagai definisi tentang apa itu geomorfologi. Menurut Lobeck (1939), geomorfologi merupakan ilmu yang mempelajari bentuk-bentuk permukaan bumi. Sementara itu, Thornbury (1969) juga menyatakan bahwa geomorfologi adalah ilmu yang membahas tentang bentuk lahan, van Zuidam (1985) memberikan definisi yang lebih luas, yaitu sebagai studi yang menggambarkan bentuk lahan serta proses-proses pembentukannya, dan mencari hubungan antara keduanya dalam konteks ruang atau tata letak geografis.

Bentang alam suatu wilayah terbentuk dari proses geomorfologi yang merupakan hasil interaksi antara gaya-gaya dari dalam bumi (endogen) dan dari luar bumi (eksogen). Thornbury (1969) menyebutkan bahwa proses geomorfologi adalah serangkaian perubahan fisik maupun kimia yang terjadi di permukaan bumi. Perubahan ini terjadi karena adanya agen-agen geomorfologi, yaitu tenaga alam yang berasal dari dalam dan luar bumi. Tenaga endogen meliputi aktivitas seperti vulkanisme, pembentukan pegunungan, perlipatan, patahan yang semuanya bersifat membentuk atau konstruktif. Di sisi lain, tenaga eksogen mencakup proses seperti erosi, abrasi, pelapukan (baik kimiawi, fisik, maupun biologis), gerakan tanah, hingga aktivitas manusia yang umumnya bersifat merusak atau destruktif.

Hasil dari semua proses tersebut adalah bentang alam yang dapat dilihat sekarang. Bentuk-bentuk permukaan bumi yang ada sangat beragam dan bisa dikelompokkan berdasarkan berbagai faktor, seperti jenis proses yang membentuknya, tahap perkembangannya (*stadia*), jenis batuan (*litologi*), serta pengaruh struktur geologi atau aktivitas tektonik yang terjadi di wilayah tersebut.

Menurut van Zuidam (1985), dalam menentukan satuan bentang alam, pendekatan geomorfologi dapat dilakukan melalui tiga cara utama, yaitu morfometri, morfografi, dan morfogenesis.

Morfometri merupakan pendekatan yang menggunakan data kuantitatif atau pengukuran secara langsung terhadap lahan, seperti ketinggian, luas wilayah, relief, sudut lereng, kerapatan aliran sungai, dan tingkat erosi. Melalui pendekatan ini, bentuk-bentuk lahan diklasifikasikan berdasarkan nilai-nilai numerik yang dapat diukur dan dibandingkan secara sistematis.

Sementara itu, morfografi menitikberatkan pada pengamatan visual terhadap bentuk lahan yang ada di permukaan bumi, seperti perbukitan, pegunungan,

lembah, dataran, dan punggung. Bentuk-bentuk ini diamati di lapangan dan digunakan untuk mengelompokkan bentang alam berdasarkan ciri-ciri morfologinya.

Selanjutnya, pendekatan morfogenesis mengkaji asal usul dan proses yang membentuk bentuk lahan tersebut. Proses-proses ini dikendalikan oleh tenaga alam, baik yang berasal dari dalam bumi (proses endogen), seperti tektonisme, vulkanisme, perlipatan, dan patahan, maupun dari luar bumi (proses eksogen), seperti pelapukan, erosi, abrasi, dan gerakan tanah.

Dalam penelitian ini, pengelompokkan satuan geomorfologi dilakukan dengan menggunakan pendekatan morfografi dan morfogenesis. Pendekatan morfografi digunakan untuk mengenali bentuk-bentuk lahan yang terlihat di lapangan, sedangkan pendekatan morfogenesis digunakan untuk memahami proses pembentukannya, sehingga dapat diperoleh klasifikasi satuan bentang alam (geomorfologi) yang tidak hanya menggambarkan bentuk, tetapi juga sejarah dan dinamika terbentuknya. Salah satu acuan dalam pendekatan morfografi adalah klasifikasi bentuk lahan berdasarkan ketinggian yang diadaptasi dari Thornbury (Tabel 1).

Tabel 1 Klasifikasi morfografi berdasarkan ketinggian diadaptasi dari Thornbury (1969)

No	Ketinggian	Unsur Morfografi	Deskripsi Umum
1	< 50 m	Dataran Rendah	Umumnya datar, dekat pesisir sering berupa aluvial
2	50-100 m	Dataran Pedalaman	Relatif datar-bergelombang, bisa berada jauh dari pantai
3	100-200 m	Perbukitan Rendah	Awal peralihan ke medan berbukit
4	200-500 m	Perbukitan Sedang	Lereng lebih jelas, relief sedang
5	500-1.000 m	Perbukitan Tinggi	Banyak alur-erosi, lereng curam
6	> 1.000 m	Pegunungan	Zona relief tinggi dan proses tektonik dominan

Selanjutnya, dalam kajian geomorfologi, bentuk lahan juga diklasifikasikan berdasarkan proses geomorfik yang membentuknya (morfogenesis). Salah satu klasifikasi yang banyak digunakan untuk mengidentifikasi satuan geomorfologi berdasarkan aspek morfogenesis adalah yang dikembangkan oleh van Zuidam (1983). Pendekatan ini memberikan gambaran yang komprehensif terhadap asal-usul dan perkembangan bentang alam, khususnya dalam konteks interpretasi geomorfologi. Adapun klasifikasi morfogenesis berdasarkan van Zuidam, 1983 ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2 Klasifikasi satuan geomorfologi menggunakan aspek morfogenesis berdasarkan van Zuidam, 1983

No	Satuan Morfogenesis	Proses Utama	Contoh Bentuk Lahan
1	Struktural	Pengangkatan, perlipatan, dan sesar	<i>Cuesta, hogback, dome, horst-graben</i>
2	Vulkanik	Aktivitas vulkanisme	Kerucut vulkanik, kaldera, <i>lava flow</i>
3	Karst	Pelarutan batuan karbonat (salusional)	Dolina, uvala, polje, gua karst, stalaktit, stalakmit, <i>sinkhole</i>
4	<i>Fluvial</i>	Aksi aliran air permukaan	Lembah sungai, <i>meander, floodplan, delta</i>
5	Aeolian	Aksi angin	Bukit pasir (dunes, yardang)
6	<i>Marine</i> dan Pesisir	Aksi gelombang dan arus laut	<i>Cliff, tombolo, spit, platform gelombang</i>
7	Glasial	Erosi dan deposisi gletser	<i>Moraine, fjord, drumlin</i>
8	Denudasional	Pelapukan dan erosi umum	Lereng denudasional, dataran tererosi

Pembagian satuan geomorfologi di daerah penelitian dilakukan berdasarkan hasil interpretasi peta topografi skala 1:25.000 dan citra *Digitasi Elevation Model* (DEM). Interpretasi ini mengacu pada pendekatan dua aspek utama, yaitu morfografi dan morfogenesis.

Berdasarkan pendekatan gabungan antara bentuk lahan (morfografi) dan proses pembentuknya (morfogenesis), geomorfologi wilayah penelitian dapat dikelompokkan menjadi dua satuan utama yaitu:

1. Satuan Geomorfologi Perbukitan Karst
2. Satuan Geomorfologi Pedataran Denudasional

Satuan-satuan geomorfologi daerah penelitian ini kemudian dibahas lebih rinci pada uraian di bawah ini.

2.2.1.1 Satuan Geomorfologi Perbukitan Karst

Satuan geomorfologi perbukitan karst dalam daerah penelitian menempati 46,63% dari total luas wilayah dengan cakupan luas satuan sebesar $\pm 19,4 \text{ km}^2$. Satuan bentang alam perbukitan karst ini tersebar di bagian barat hingga tengah wilayah penelitian mencakup bagian barat Kecamatan Barebbo meliputi wilayah Desa Kelling dan Desa Lampoko dan sebagian Kecamatan Ponre. Kenampakan topografi pada satuan ini ditandai dengan pola kontur rapat, menunjukkan bentuk

lahan yang terjal dan terfragmentasi, dengan ketinggian mencapai hingga 225 meter di atas permukaan laut.

Bentuk lahan khas perbukitan karst yang berkembang pada batuan karbonat ini memperlihatkan permukaan yang tidak merata, disertai bukit-bukit kecil terisolasi, gua-gua karst, serta mata air bawah tanah yang menjadi ciri khas lingkungan karst yang aktif.



Gambar 3 Kenampakan satuan geomorfologi perbukitan karst difoto pada ST 57 dari daerah Sakabulu dengan arah foto N122°E

Dasar penamaan satuan geomorfologi ini menggunakan pendekatan morfologi yang meliputi morfografi, yaitu deskripsi bentuk lahan berdasarkan kenampakan topografi di permukaan, serta pendekatan morfogenesis yang mempertimbangkan proses pembentukan lahan akibat pelarutan batugamping oleh air. Proses karstifikasi ini menghasilkan morfologi perbukitan dengan lereng curam sistem drainase bawah permukaan, serta perkembangan gua dan mata air bawah tanah.

Secara umum, satuan geomorfologi ini memperlihatkan kenampakan topografi dengan kontur rapat dan pola yang tidak teratur, mencerminkan bentuk lahan perbukitan yang kompleks. Apabila mengacu pada pendekatan morfografi berdasarkan klasifikasi ketinggian oleh Thornbury (1969), daerah ini termasuk dalam

kategori perbukitan, dengan ketinggian berkisar antara 100 hingga 300 meter di atas permukaan laut. Ciri ini mencerminkan morfografi berbentuk bukit-bukit terisolasi dengan lembah-lembah sempit yang berkembang secara lokal antara punggung karst.

Penamaan satuan ini juga memperhatikan aspek morfogenesis berdasarkan pendekatan oleh (van Zuidam, 1983), yang menekankan pada asal-usul proses pembentukan bentuk lahan. Berdasarkan hasil observasi di lapangan, satuan ini dibentuk melalui proses pelarutan kimiawi oleh air terhadap batuan karbonat, yang merupakan ciri khas proses *karstifikasi*. Proses ini termasuk dalam gaya eksogen yang dominan seperti gua karst dan mata air bawah tanah. Aktivitas pelarutan yang terus berlangsung juga memperlihatkan bahwa satuan ini merupakan hasil perkembangan bentuk lahan yang dipengaruhi oleh iklim tropis lembab dan sistem drainase bawah permukaan yang aktif.



Gambar 4 (a) Kenampakan gua karst pada ST 29 dengan arah foto N276°E, (b) Kenampakan mata air yang digunakan warga dekat ST 2 dengan arah foto N97°E

Pada gambar 4(a) menunjukkan gua karst, gua karst terbentuk dari pelarutan batugamping oleh air dan berkembang sebagai lorong bawah tanah yang kompleks. Keberadaannya menjadi indikator aktifnya proses *karstifikasi* dan sistem *drainase* bawah permukaan. Di kaki permukiman juga ditemukan mata air yang muncul akibat aliran air yang meresap dan mengalir melalui rekahan batuan karbonat. Mata air ini menunjukkan sistem hidrologi karst yang masih aktif dan berfungsi sebagai sumber air bagi lingkungan sekitar seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4(b).

2.2.1.2 Satuan Gemorfologi Pedataran Denudasional

Satuan gemorfologi pedataran denudasional dalam daerah penelitian menempati sekitar 53,37% dari total luas wilayah dengan cakupan luas satuan sebesar $\pm 22,2 \text{ km}^2$. Satuan bentang alam pedataran denudasional ini tersebar dibagian timur hingga tengah dan selatan wilayah penelitian, mencakup wilayah Padang Loang, Benteng, Sogadia, Bulu Galung, hingga Kampungbaru. Kenampakan

topografi pada satuan ini ditandai dengan kontur jarang, menunjukkan bentuk lahan yang relatif datar dengan ketinggian berkisar antara 50 hingga 150 meter di atas permukaan laut. Permukaan lahannya tampak lebih halus dibandingkan satuan lainnya tanpa kenampakan bentuk lahan yang terfragmentasi atau terjal, mencerminkan dominasi proses pelapukan dan erosi yang merata.

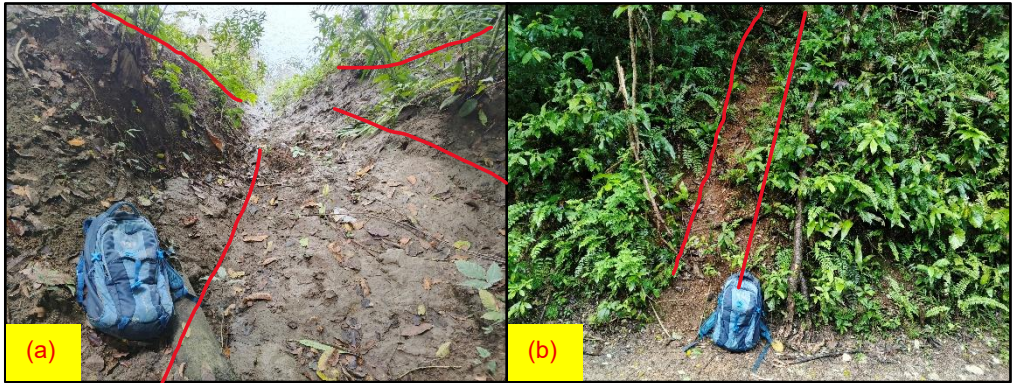


Gambar 5 Kenampakan satuan geomorfologi pedataran denudasional difoto pada ST 60 dekat daerah Kampungbaru dengan arah foto N320°E

Secara umum, satuan geomorfologi ini memperlihatkan kenampakan topografi dengan kontur yang jarang dan pola yang relatif teratur, mencerminkan bentuk lahan pedataran yang landai. Apabila mengacu pada pendekatan morfografi berdasarkan klasifikasi ketinggian oleh Thornbury (1969), daerah ini termasuk dalam kategori pedataran, dengan ketinggian berkisar 50 hingga 150 meter di atas permukaan laut. Ciri ini menunjukkan morfografi berupa permukaan datar yang luas, dengan sedikit variasi elevasi dan dominasi lahan terbuka.

Penamaan satuan ini juga memperhatikan aspek morfogenesis berdasarkan pendekatan oleh van Zuidam (1983). Berdasarkan hasil observasi melalui proses denudasi, terutama pelapukan dan erosi permukaan yang berlangsung secara bertahap tanpa aktivitas tektonik aktif. Proses ini menghasilkan bentang alam yang cenderung merata, dengan beberapa kenampakan morfogenesis seperti *rill erosion*, *gully erosion*, dan *rock fall*.

Erosi yang berkembang di wilayah ini salah satunya berupa *gully erosion*, yang mengikis bentuk saluran dengan lebar $\pm 1 - 1,5$ m dengan kedalaman ± 30 cm – 1 m. Saluran ini terbentuk akibat aliran permukaan terkonsentrasi terutama pada lahan terbuka atau tidak terlindungi vegetasi dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Kenampakan *gully erosion* (a) difoto dekat ST 21 dengan arah foto N173°E, (b) difoto dekat ST 4 dengan arah foto N186°E

Selain itu, dijumpai pula *rill erosion* atau erosi alur seperti pada gambar 7, yang ditandai oleh alur-alur kecil dangkal pada permukaan tanah yang terbentuk akibat air hujan. *Rill erosion* ini biasanya berkembang pada lahan miring dan tanah yang terganggu, seperti area pertanian yang baru diolah atau kurang ditanami.



Gambar 7 Kenampakan *rill erosion* pada ST 34 dengan arah foto N284°E

Fenomena *rock fall* juga ditemukan secara lokal dapat dilihat pada gambar 8. Kejadian ini merupakan bentuk pelapukan fisik yang menyebabkan bentuk pelapukan fisik yang menyebabkan pecahan batuan terlepas akibat gravitasi, menunjukkan adanya proses peluruhan lereng yang masih berlangsung.



Gambar 8 Kenampakan *rock fall* pada ST 13 dengan arah foto N260°E

Pelapukan biologi di lokasi penelitian juga tampak jelas pada gambar 9, batuan retak dan terpecah akibat akar pohon yang tumbuh di atas permukaan batuan. Akar-akar tersebut masuk melalui rekahan atau celah-celah kecil dan seiring pertumbuhannya memberikan tekanan mekanik yang menyebabkan batuan terbelah.

Satuan ini didominasi oleh lahan persawahan, terutama di bagian pedataran yang memiliki kemiringan sangat rendah dan pasokan air permukaan yang cukup. Penggunaan lahan sebagai sawah menunjukkan kondisi geomorfologi yang stabil dan cocok untuk pertanian lahan basah, serta menjadi salah satu indikator aktivitas

manusia yang beradaptasi dengan bentuk lahan yang terbentuk dari proses denudasional.



Gambar 9 Kenampakan pelapukan biologi oleh akar pohon pada ST 14 dengan arah foto N278°E

2.2.2 Sungai

Sungai dapat diartikan sebagai aliran air yang terjadi secara alami di permukaan bumi, yang mengalir melalui jalur tertentu mengikuti kontur dan morfologi lahan, terutama menuju bagian topografi lebih rendah dibandingkan wilayah sekitarnya (Thornbury, 1969). Keberadaan dan perkembangan sungai sangat dipengaruhi oleh faktor geologi, topografi, dan iklim setempat, yang secara bersama-sama membentuk karakteristik fisik sungai dan pola alirannya. Dalam kajian ini geomorfologi wilayah penelitian, analisis terhadap sistem sungai mencakup berbagai aspek penting, antara lain klasifikasi sungai berdasarkan karakteristik morfologi dan dinamika alirannya, identifikasi jenis pola aliran sungai yang terbentuk, penentuan tipe genetik sungai yang mencerminkan proses pembentukannya, serta penilaian terhadap stadia perkembangan sungai yang menggambarkan tahapan evolusi geomorfologis dari sistem aliran tersebut.

2.2.2.1 Jenis Sungai

Klasifikasi sungai dapat dilakukan berdasarkan berbagai pendekatan, antara lain dari aspek sifat aliran, volume atau kandungan air, serta pengaruh struktur geologi dan tektonik di suatu wilayah. Ditinjau dari sifat alirannya, sungai dibedakan menjadi dua tipe utama, yaitu sungai internal dan sungai eksternal. Sungai internal adalah sungai yang alirannya berasal dari bawah permukaan tanah, seperti yang umumnya dijumpai di kawasan karst. Daerah berendapan eolian, atau wilayah gurun pasir. Sebaliknya, sungai eksternal merupakan aliran air yang berasal dari permukaan bumi, terbentuk dari limpasan air hujan yang kemudian berkembang menjadi sungai, danau, atau rawa. Berdasarkan karakteristik ini, sungai yang terdapat di wilayah penelitian ada yang termasuk dalam kategori internal dan kategori eksternal.

Menurut Thornbury (1969) dalam karyanya *Principles of Geomorphology*, Sungai juga dapat di klasifikasikan berdasarkan variasi debit airnya sepanjang tahun. Terdapat tiga kategori utama, yaitu:

1. Sungai permanen (*perennial*), yaitu sungai yang memiliki debit air relatif stabil sepanjang tahun. Jenis ini mencerminkan keberadaan pasokan air yang konsisten, baik dari curah hujan maupun sumber air tanah.
2. Sungai periodik (*intermittent*), yaitu sungai yang menunjukkan fluktuasi debit air tergantung musim. Debit air meningkat secara signifikan pada musim hujan, namun mengalami penurunan drastis selama musim kemarau.
3. Sungai episodik (*ephemeral*), yaitu Sungai yang hanya mengalir saat terjadi hujan atau musim hujan tertentu, dan mengering sepenuhnya selama musim kemarau.

Klasifikasi ini penting untuk memahami dinamika hidrologi sungai dan responsnya terhadap iklim serta kondisi geologi setempat.

Berdasarkan kuantitas air yang mengalir secara konsisten sepanjang tahun, beberapa alur sungai di lokasi penelitian dapat diklasifikasikan sebagai sungai permanen. Contoh dari tipe sungai ini terdapat pada Sungai Lapeccang (Gambar 10), yang menunjukkan aliran air yang tetap berlangsung meskipun terjadi perubahan musim. Debit air yang relatif stabil sepanjang tahun mencerminkan adanya pasokan air yang berkelanjutan, baik dari curah hujan tahunan yang cukup tinggi maupun dari kontribusi sistem akuifer atau mata air di daerah hulu.



Gambar 10 Kenampakan jenis sungai permanen di daerah Soga pada sungai Lapecang difoto dengan arah N119°E

Beberapa alur sungai di lokasi penelitian termasuk dalam kategori sungai periodik, yakni sungai yang mengalir saat musim hujan dan cenderung mengalami



Gambar 11 Kenampakan sungai periodik di daerah Kelling pada Sungai Kelling difoto dengan arah N252°E dekat ST 46

penurunan debit atau mengering di musim kemarau. Contohnya adalah Sungai Kelling (Gambar 11), yang alirannya dipengaruhi oleh variasi curah hujan musiman.

Sementara itu terdapat pula sungai episodik yang hanya mengalir saat terjadi hujan lebat dalam waktu singkat. Sungai tipe ini, seperti Sungai Tanetteboang (gambar 12), umumnya kering di musim kemarau dan sangat bergantung pada limpasan permukaan dari hujan berlangsung.



Gambar 12 Kenampakan Sungai Episodik di daerah Lampokoriatang pada Sungai Tanetteboang difoto dengan arah N225°E dekat ST 33

2.2.2.2 Pola Aliran Sungai

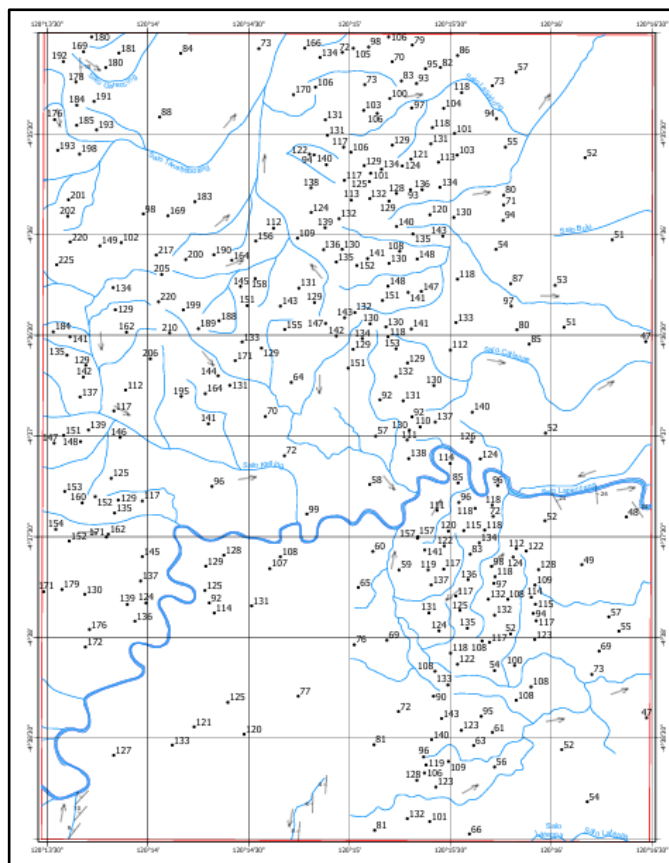
Pola aliran sungai (*drainage pattern*) merupakan susunan hubungan antara saluran-saluran sungai yang membentuk suatu konfigurasi tertentu dalam satu kesatuan wilayah (Thornbury, 1969). Pembentukan pola ini dipengaruhi oleh sejumlah faktor, diantaranya kemiringan lereng, kondisi struktur geologi, tahapan perkembangan geomorfologi, tutupan vegetasi, serta iklim di wilayah tersebut.

Setiap daerah memiliki pola aliran sungai yang berbeda, baik pada skala lokal maupun regional. Perbedaan ini dikendalikan oleh karakteristik litologi, tingkat kekompakan dan ketahanan batuan, bentuk morfologi awal, serta struktur geologi yang berkaitan erat dengan proses pembentukan dan evolusi sistem sungai (Howard 1967 dalam van Zuidam, 1985).

Menurut Thornbury (1969) dalam bukunya *Principle of Geomorphology*, terdapat tujuh jenis utama pola aliran Sungai, yaitu:

1. *Dendritik*, ditandai dengan percabangan anak sungai yang menyebar tidak beraturan menyerupai bentuk tulang daun.
2. *Trellis*, aliran utama membentuk sudut hampir tegak lurus saat memotong punggungannya sejajar, dengan anak sungai yang masuk secara tegak lurus.
3. *Rectangular*, menunjukkan pola kelokan yang membentuk sudut siku-siku pada sungai utama dan anak sungainya.
4. *Sentripetal*, aliran air mengarah ke satu titik pusat depresi atau cekungan.
5. *Paralel*, terbentuk di daerah kemiringan curam, aliran sungainya hampir sejajar dan berjarak teratur.
6. *Annular*, membentuk pola seperti cincin, biasanya mengelilingi struktur kubah dengan batuan lemah di antaranya.
7. *Radial*, ditandai dengan aliran yang menyebar keluar dari titik pusat, umumnya ditemukan di lereng lemah di antaranya.

Berdasarkan klasifikasi pola aliran sungai menurut Thornbury (1969) serta hasil interpretasi peta topografi, pola aliran sungai yang berkembang di wilayah penelitian terdiri atas pola aliran dendritik.



Gambar 13 Pola aliran dendritik pada daerah penelitian

Pola aliran dendritik dicirikan oleh percabangan sungai yang tidak beraturan, menyebar ke berbagai arah dengan sudut percabangan yang bervariasi, menyerupai struktur cabang daun. Pola ini berkembang di bagian seluruh wilayah penelitian, ditunjukkan pada gambar 13, dan mencakup area seluas 41 km².

2.2.2.3 Tipe Genetik Sungai

Tipe genetik sungai menggambarkan hubungan antara aliran sungai dengan kedudukan perlapisan batuan (Thornbury, 1969). Perubahan struktur geologi, seperti kemiringan lapisan batuan, dapat memengaruhi arah aliran sungai karena perubahan ini turut mengubah kemiringan saluran aliran air.

Menurut (Lobeck, 1939) tipe genetik sungai diklasifikasikan ke dalam lima kategori utama:

1. Sungai *subsekuen*: sungai yang mengalir relatif sejajar dengan jurus (arah umum) perlapisan batuan. Pola ini umumnya berkembang mengikuti zona lemah atau rekahan batuan.
2. Sungai *konsekuen*: sungai yang arah alirannya sejalan dengan kemiringan lapisan batuan. Umumnya berkembang pada permukaan yang baru terangkat dan masih mencerminkan kemiringan asli.
3. Sungai *obsekuen*: sungai yang arah alirannya berlawanan dengan arah kemiringan lapisan batuan. Biasanya terbentuk karena proses erosi mundur dari lembah utama.
4. Sungai *insekuen*: sungai yang arah alirannya tidak dipengaruhi oleh kedudukan lapisan batuan. Umumnya berkembang di wilayah dengan batuan homogen, seperti batuan beku masif.
5. Sungai *resekuen*: memiliki arah aliran yang sejalan dengan kemiringan perlapisan batuan, seperti tipe *konsekuen* tetapi berkembang pada tahap yang lebih akhir.



Gambar 14 Tipe genetik sungai *konsekuen* dengan arah foto pada N25°E pada Sungai Lapeccang dengan arah aliran N85°E

Secara umum, tipe genetik sungai yang berkembang di wilayah penelitian meliputi tipe *konsekuen*, *subsekuen*, dan *insekuen*. Tipe *konsekuen* teridentifikasi pada bagian selatan daerah penelitian. Ciri khas tipe ini ditunjukkan oleh keberadaan



Gambar 15 Tipe genetik sungai *subsekuen* dengan arah foto N323°E pada sungai di daerah Bulugalung dengan arah aliran N183°E

lapisan batugamping yang memiliki kemiringan berlawanan arah dengan aliran sungai, yang mengindikasikan bahwa arah aliran mengikuti kemiringan asli permukaan sebelum mengalami perubahan struktur dapat dilihat pada gambar 14.

Tipe *subsekuen* berkembang dibagian barat wilayah penelitian. Pola ini terlihat dari aliran sungai yang mengikuti arah jurus atau kemenerusan lapisan batugamping, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 15. Hal ini menunjukkan bahwa aliran sungai berkembang mengikuti zona lemah pada struktur batuan.

Sementara itu, tipe *insekuen* dicirikan oleh arah aliran sungai yang tampak tidak dipengaruhi oleh orientasi atau kedudukan lapisan batuan di sekitarnya. Pola ini umumnya terbentuk pada daerah dengan litologi homogen atau tidak menunjukkan struktur perlapisan yang jelas.

2.2.2.4 Stadia Sungai



Gambar 16 Kenampakan sungai utama dan *meander* sungai di daerah penelitian yaitu Sungai Lapeccang

Penentuan stadia sungai dilakukan berdasarkan pengamatan terhadap kenampakan morfologi sungai yang meliputi profil lembah sungai, pola aliran, jenis erosi, serta proses sedimentasi yang bekerja sepanjang alur sungai. Parameter-parameter tersebut mencerminkan tingkat perkembangan geomorfologi sungai dan hubungan keseimbangan antara energi aliran dengan material sedimen yang diangkut (Thornbury, 1969).

Setiap stadia sungai memiliki ciri dan karakteristik yang berbeda. Lobeck (1939) mengemukakan bahwa perbedaan stadia sungai dapat dikenali melalui bentuk lembah, kondisi kemiringan alur, dominasi proses erosi atau sedimentasi,

serta keberadaan bentukan *fluvial* tertentu yang berkembang seiring dengan evolusi sungai. Setiap stadia sungai memiliki ciri dan karakteristik yang berbeda. Lobeck (1939) mengemukakan bahwa perbedaan stadia sungai dapat dikenali melalui bentuk lembah, kondisi kemiringan alur, dominasi proses erosi atau sedimentasi, serta keberadaan bentukan *fluvial* tertentu yang berkembang seiring dengan evolusi sungai (Lobeck, 1939).

Sungai pada stadia muda dicirikan oleh *gradien* alur yang relatif curam sehingga memiliki energi aliran yang cukup besar untuk mengangkut material sedimen dari anak-anak sungainya. Sungai stadia ini umumnya mengalir pada lembah yang sempit dengan dinding lembah yang curam, yang terbentuk akibat dominannya proses erosi vertikal dan rendahnya tingkat pelapukan. Pada stadia ini belum dijumpai perkembangan dataran banjir (*flood plain*) maupun tanggul alami (*natural levee*), arus sungai relatif kuat, dan pada beberapa bagian dasar sungai dapat dijumpai *potholes* serta *rock channels*. Keberadaan jeram dan air terjun merupakan ciri khas sungai stadia muda yang menunjukkan ketidakseimbangan profil memanjang Sungai.



Gambar 17 Profil melintang Sungai Lapeccang relatif berbentuk 'U' yang difoto dari daerah Sogadia dengan arah foto N158°E

Sungai stadia dewasa menunjukkan perkembangan morfologi yang lebih lanjut dibandingkan stadia muda. Dasar lembah sungai telah mengalami pelebaran akibat meningkatnya erosi *lateral*, serta telah berkembang flood plain dan natural levee. Kemiringan lereng lembah cenderung menurun sebagai akibat dari proses pelapukan yang semakin intensif. Aliran sungai pada stadia ini relatif lebih lemah dan umumnya mengandung material tersuspensi halus sehingga air tampak berlumpur.

Lebar lembah umumnya sama atau lebih besar dibandingkan sabuk *meander*, singkapan batuan jarang dijumpai karena tertutupi oleh endapan tanah, dan tidak dijumpai keberadaan air terjun.

Sungai stadia tua pada dasarnya memiliki karakteristik yang hampir serupa dengan sungai stadia dewasa, namun menunjukkan tingkat perkembangan yang lebih lanjut. Perkembangan tersebut ditandai oleh meningkatnya intensitas proses erosi *lateral* dan sedimentasi, serta berkembangnya meander yang lebih luas. Salah satu ciri khas sungai stadia tua adalah dijumpainya bentukan *oxbow lake* sebagai hasil pemotongan meander akibat dominannya proses sedimentasi *lateral*.

Berdasarkan hasil pengamatan geomorfologi, Sungai Lapeccang memperlihatkan kenampakan profil melintang lembah yang didominasi oleh bentuk “U” ditunjukkan oleh gambar 17, yang menunjukkan bahwa proses erosi *lateral* telah berkembang dan bekerja relatif seimbang dengan erosi *vertikal*. Kondisi ini mencerminkan tingkat perkembangan sungai yang lebih lanjut dibandingkan sungai stadia muda, di mana gradien alur sungai cenderung lebih landai dan kecepatan aliran mulai menurun sehingga memungkinkan terjadinya pelebaran lembah (Lobeck, 1939; Thornbury, 1969).



Gambar 18 Kenampakan *channel bar* pada Sungai Lapeccang

Keberadaan *channel bar* pada alur Sungai Lapeccang semakin memperkuat indikasi meningkatnya peran proses sedimentasi dalam sistem sungai. *Channel bar* terbentuk sebagai akibat dari fluktuasi debit aliran serta kemampuan aliran sungai yang tidak selalu mampu mengangkut seluruh muatan sedimen, sehingga sebagian material terendapkan di dalam saluran sungai. Bentuk ini umumnya berkembang pada sungai stadia dewasa hingga stadia tua, terutama pada segmen sungai dengan gradien yang relatif landai.



Gambar 19 Kenampakan point bar pada Sungai Lapeccang

Selain itu, pada beberapa segmen alur Sungai Lapeccang dijumpai bentukan *fluvial* berupa *point bar*, yang terbentuk pada sisi dalam kelokan sungai akibat berkurangnya kecepatan aliran. Keberadaan *point bar* menunjukkan bahwa pola aliran sungai telah berkembang menjadi aliran berkelok (*meandering*), yang merupakan ciri khas sungai stadia dewasa. Kondisi ini juga mengindikasikan bahwa energi aliran sungai tidak lagi didominasi oleh proses erosi *vertikal*, melainkan telah beralih ke proses erosi dan sedimentasi *lateral*.

Berdasarkan dominannya profil lembah berbentuk U serta keberadaan *point bar* dan *channel bar*, maka Sungai Lapeccang dapat disimpulkan berada pada stadia dewasa. Keberadaan bentukan sedimentasi yang berkembang menunjukkan bahwa proses erosi *lateral* dan sedimentasi telah menjadi proses dominan, meskipun pada beberapa segmen masih dijumpai sisa-sisa aktivitas erosi *vertikal*. Dengan demikian, Sungai Lapeccang mencerminkan sistem sungai yang telah berkembang dan berada pada tahap keseimbangan geomorfologi relatif.

2.2.3 Stadia Daerah

Berdasarkan analisis aspek geomorfologi, stadia daerah pada daerah penelitian ditentukan melalui keterkaitan antara kondisi morfologi, morfogenesis, serta faktor pengontrol lainnya seperti litologi, struktur geologi, dan tata guna lahan. Secara umum, luas wilayah penelitian sekitar 41 km² dengan kondisi morfologi yang relatif bergelombang, yang menunjukkan bahwa wilayah ini telah mengalami proses geomorfik yang cukup lama dan tidak lagi berada pada tahap perkembangan awal.

Ditinjau dari aspek morfologi, daerah penelitian memiliki sudut lereng dominan berkisar antara 2° – 32° , dengan beda tinggi (relief relatif) sebesar 50 – 200 meter. Relief wilayah tergolong sedang, yang mencerminkan tingkat pengikisan dan perkembangan bentang alam yang cukup lanjut. Bentuk puncak umumnya tumpul, sedangkan bentuk lembah didominasi oleh lembah berbentuk U, yang menunjukkan bahwa proses erosi *lateral* telah berkembang.

Berdasarkan aspek morfogenesis, proses geomorfik yang bekerja di daerah penelitian meliputi gerakan tanah jenis *fall* (longsoran) yang berkembang secara lokal, terutama pada lereng dengan kemiringan relatif curam dan kondisi tanah yang telah mengalami pelapukan lanjut. Jenis erosi yang dominan adalah *rill erosion* dan *gully erosion*. Proses pelapukan yang berkembang umumnya berupa pelapukan kimia dan biologi dengan tingkat pelapukan sedang – tinggi, yang tercermin dari kondisi batuan dan tanah penutup.

Karakteristik tanah (*soil*) di daerah penelitian menunjukkan jenis tanah *residual*, dengan ketebalan tanah sekitar 15 cm - 100 cm dan warna tanah coklat hingga coklat kehitaman. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pelapukan dan pembentukan tanah telah berlangsung cukup intensif dan berpengaruh terhadap kestabilan lereng serta proses geomorfik lainnya.

Sistem sungai di daerah penelitian menunjukkan jenis profil sungai U dengan pola aliran dendritik. Keberadaan bentukan *fluvial* berupa *point bar* dan *channel bar* menunjukkan bahwa proses sedimentasi telah berkembang pada beberapa segmen alur sungai. Berdasarkan karakteristik tersebut, stadia sungai pada daerah penelitian diklasifikasikan ke dalam stadia dewasa yang mencerminkan keseimbangan relatif antara proses erosi dan sedimentasi.

Litologi penyusun daerah penelitian terdiri atas batugamping yang memiliki tingkat ketahanan terhadap pelapukan sedang hingga tinggi. Kondisi litologi ini, dikombinasikan dengan struktur geologi berupa kekar, berperan dalam mengontrol arah aliran sungai, bentuk lembah, serta perkembangan relief wilayah.

Tata guna lahan di daerah penelitian didominasi oleh pertambangan, pemukiman dan persawahan, yang turut mempengaruhi intensitas erosi permukaan dan kestabilan lereng. Aktivitas manusia pada beberapa bagian wilayah berkontribusi terhadap meningkatnya laju erosi dan sedimentasi, terutama di sekitar alur sungai dan lereng terbuka.

Berdasarkan keterpaduan seluruh aspek geomorfologi tersebut, maka stadia daerah penelitian dapat diklasifikasikan ke dalam stadia geomorfologi dewasa menjelang tua. Kondisi ini ditunjukkan oleh relief yang telah berkembang, dominannya proses erosi *lateral* dan sedimentasi, tingkat pelapukan yang relatif lanjut, serta sistem sungai yang telah mencapai keseimbangan geomorfologi relatif.

Tabel 3 Deskripsi tabel geomorfologi

DESKRIPSI TABEL GEOMORFOLOGI				
ASPEK			SATUAN GEOMORFOLOGI	
Geomorfologi			Satuan Geomorfologi Perbukitan Karst	Satuan Geomorfologi Pedataran Denudasional
Luas Wilayah ... Km ² (... %)			±19,4 (46,63%)	±22,2 (53,37%)
Morfologi	Sudut Lereng (... °)		15 - 32	2 - 7
	Beda tinggi (... m)		100 – 300 m	50 - 100 m
	Relief		Bergelombang	Datar
	Bentuk Puncak		Tumpul	-
	Bentuk Lembah		U	-
Morfogenesis	Gerakan Tanah		-	<i>Rock fall</i>
	Jenis Erosi		Pelarutan batugamping	<i>Rill erosion, gully erosion</i>
	Pengendapan		Material, <i>soil</i>	Material, <i>soil</i>
	Jenis Pelapukan		Pelapukan kimia dan pelapukan biologi	Pelapukan biologi
	Tingkat Pelapukan		Rendah - sedang	Sedang - Tinggi
	Soil	Jenis	<i>Residual soil</i>	<i>Residual soil</i>
		Tebal	15 cm	0,5 - 1 m
		Warna	Coklat hingga coklat tua	Coklat tua hingga coklat kehitaman
	Sungai	Tipe Genetik	<i>Insekuen</i>	<i>Konsekuensi, Subsekuensi</i>
		Jenis	Permanen, periodik, episodik	Permanen
		Profil Sungai	U	U
		Pola Aliran	Dendritik	Dendritik
		Stadia	Dewasa	Dewasa
	Litologi Penyusun		Batugamping	Batugamping
	Tata Guna Lahan		Pertambangan, pemukiman	Pemukiman, Persawahan
	Struktur Geologi		-	Kekar
	Stadia Daerah		Dewasa - Tua	