

Penanganan Longsor Badan Jalan Akibat Gerusan Sungai (Studi Kasus Ruas Jalan Belopa – Batas Kota Palopo Km 333-800)

Reski Amalia, Abdul Rahim Nurdin, Ahmad Yauri Yunus

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa

E-mail: reskiamalia1909@gmail.com

Artikel info

Artikel history:

Diterima: 05-01-2025

Direvisi: 02-05-2025

Disetujui: 30-09-2025

Abstract. On the Belopa Road Section – Palopo City Boundary KM. 333+800 in Salu Paremang Village, Kamanre District, Luwu Regency, Cilellang area, is a national road that is parallel to the Paremang River, approximately 5-10 meters away. As a result of water scouring during a flood in the Paremang River, it resulted in a downward slide so that the road was eroded and caused half of the road to collapse towards the river. The purpose of this study was to find out how to handle road landslides due to scouring of the Paremang River, and to calculate and analyze the methods of handling landslides on roads due to scouring of the Paremang River. This study uses the method of analysis of soil retaining, the soil retaining used is sheet pile retaining walls. The results of Sheet Pile calculations and analysis, namely the total required Sheet Pile Length is 32 m. The type of Sheet Pile used is Sheet Pile, SP II. As many as 3 rods per setting.

Abstrak. Pada Ruas Jalan Belopa – Batas Kota Palopo KM. 333+800 di Desa Salu Paremang Kecamatan Kamanre Kabupaten Luwu daerah Cilellang merupakan jalan nasional yang sejajar dengan sungai paremang kurang lebih berjarak 5-10 meter. Akibat gerusan air pada saat banjir di sungai paremang mengakibatkan terjadi longsoran bawah sehingga badan jalan tergerus dan mengakibatkan setengah badan jalan runtuh ke arah sungai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui cara penanganan longsor badan jalan akibat gerusan Sungai Paremang, dan untuk menghitung dan menganalisis metode penanganan longsor pada badan jalan akibat gerusan Sungai Paremang. Penelitian ini menggunakan metode analisis penahan tanah, penahan tanah yang digunakan yaitu dinding penahan tanah sheet pile. Hasil perhitungan dan analisis Sheet Pile, yaitu total Panjang Sheet Pile yang dibutuhkan ialah 32 m. Type Sheet Pile yang digunakan yaitu Sheet Pile, SP II Sebanyak 3 batang tiap settingnya.

Keywords:

Longsor, Dinding Penahan Tanah (Sheet Pile), Desain Penahan Longsor.

Coresponden author:

Email: reskiamalia1909@gmail.com



artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY -4.0

1. PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan fenomena perpindahan massa tanah atau batuan dalam jumlah besar dari suatu lereng ke posisi yang lebih rendah akibat gaya gravitasi, sering kali dipicu oleh faktor internal dan eksternal. Fenomena ini umum terjadi di daerah perbukitan atau wilayah dengan topografi curam, khususnya pada musim hujan. Faktor pemicu meliputi peningkatan beban pada lereng akibat air hujan yang meresap, penggalian atau pemotongan kaki lereng yang mengurangi kestabilan struktur tanah, penggalian yang meningkatkan sudut kemiringan lereng, perubahan muka air tanah secara cepat, serta kenaikan tekanan pori akibat infiltrasi air. Kombinasi faktor-faktor tersebut dapat mengurangi kekuatan geser tanah dan memperbesar gaya penggerak, sehingga memicu kegagalan lereng.

Selain itu, pada beberapa kasus, kerusakan lereng dapat diperburuk oleh fenomena gerusan (scouring), yaitu proses erosi yang terjadi akibat interaksi antara aliran air sungai dengan material dasar atau tebing sungai. Gerusan mengakibatkan pendalaman dasar sungai di bawah elevasi alami, sehingga dapat memperlemah struktur tanah di sekitarnya. Kondisi ini tidak hanya mengancam kestabilan lereng alami, tetapi juga berpotensi merusak bangunan dan infrastruktur yang berada di dekat aliran sungai, seperti jembatan, jalan raya, atau bangunan penahan tebing. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengendalian yang terencana, seperti pembangunan bangunan pengendali aliran air dan pengaman tebing, untuk mengurangi laju erosi serta mencegah pelebaran sungai yang dapat mengancam infrastruktur di sekitarnya.

Kasus longsor pada Ruas Jalan Belopa – Batas Kota Palopo Km 333+800, tepatnya di Desa Salu Paremang, Kecamatan Kamanre, Kabupaten Luwu, merupakan contoh nyata interaksi antara proses longsor dan gerusan sungai. Kejadian ini disebabkan oleh gerusan aliran Sungai Paremang yang melemahkan struktur tanah pada tebing di sisi jalan. Lokasi ini memiliki kondisi geoteknik yang rentan, di mana keberadaan sungai di dekat badan jalan memperbesar risiko kerusakan akibat kombinasi gaya air dan gravitasi. Kerusakan pada badan jalan tersebut

memerlukan evaluasi menyeluruh untuk menentukan langkah perbaikan yang tepat, dengan mempertimbangkan aspek teknis, lingkungan, dan keselamatan pengguna jalan.

Dalam merencanakan penanggulangan, analisis stabilitas lereng menjadi langkah awal yang penting. Prinsip dasarnya adalah mereduksi gaya-gaya penggerak atau meningkatkan tahanan geser tanah. Strategi ini dapat dilakukan melalui rekayasa geoteknik seperti perkuatan lereng, perbaikan material tanah, pengendalian air permukaan dan air tanah, serta penambahan elemen penahan seperti sheet pile atau dinding penahan tanah. Analisis yang cermat akan menghasilkan desain perbaikan yang aman, efisien, dan sesuai dengan kondisi lapangan. Pada kasus ini, pendekatan yang dipertimbangkan meliputi pemasangan sheet pile pada sisi dalam atau bahu jalan, sejajar dengan pile cap yang sudah ada, sepanjang ±100 meter. Desain ini memperhitungkan kebutuhan untuk sedikit menggeser garis tengah jalan (centerline) ke arah kanan guna menghindari area yang paling terdampak gerusan.

Sebelum pelaksanaan konstruksi, penyelidikan tanah secara rinci wajib dilakukan untuk memastikan kondisi dan sifat mekanis tanah pada lokasi. Disarankan pengeboran mesin pada dua titik untuk mengetahui kedalaman lapisan tanah keras yang akan menjadi tumpuan struktur penahan. Selain itu, pada bahu jalan yang direncanakan sebagai lokasi perkerasan, diperlukan penggalian test pit dan pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP) untuk mendapatkan data kekuatan tanah dan daya dukungnya. Hasil penyelidikan ini akan menjadi acuan utama dalam perencanaan struktur penahan dan desain perkerasan, sehingga dapat menjamin umur layan yang optimal.

Penanganan yang dilakukan diharapkan tidak hanya bersifat reaktif, tetapi juga preventif terhadap potensi kerusakan di masa depan. Mengingat lokasi ini berada pada jalur transportasi penting yang menghubungkan Belopa dan Palopo, kerusakan jalan akibat longsor akan berdampak signifikan pada mobilitas penduduk, distribusi barang, dan pertumbuhan ekonomi wilayah. Oleh sebab itu, perencanaan penanggulangan harus memperhatikan keberlanjutan fungsi jalan, keamanan pengguna, serta kelestarian lingkungan sekitar sungai. Integrasi antara teknik perkuatan lereng, pengendalian aliran sungai, dan perbaikan geometri jalan menjadi kunci keberhasilan dalam meminimalkan risiko longsor di masa mendatang.

Pemilihan judul “Penanganan Longsor Badan Jalan Akibat Gerusan Sungai (Studi Kasus Ruas Jalan Belopa – Batas Kota Palopo Km 333-800)” dilatarbelakangi oleh urgensi permasalahan yang berdampak signifikan secara teknis, sosial, dan ekonomi, sehingga memerlukan kajian komprehensif yang mampu mengidentifikasi penyebab utama kerusakan, menganalisis mekanisme erosi, serta merumuskan strategi penanganan yang efektif dan berkelanjutan. Keunikan kasus ini terletak pada kombinasi faktor topografi, hidrologi, dan karakteristik tanah yang saling berinteraksi, sehingga diperlukan solusi berbasis rekayasa yang dapat diaplikasikan langsung di lapangan, seperti pemasangan bronjong, pembangunan dinding penahan tanah, penguatan pondasi jalan, atau pengalihan aliran sungai dengan metode hidraulik, disertai monitoring dan pemeliharaan berkala agar kerusakan tidak berulang. Penelitian ini bertujuan menghasilkan panduan teknis yang dapat digunakan oleh instansi terkait dalam menangani kasus serupa, sekaligus memberikan manfaat multidimensi: secara teknis meningkatkan pemahaman tentang interaksi aliran sungai dan kestabilan badan jalan, secara ekonomi meminimalkan kerugian akibat terputusnya transportasi yang menghambat distribusi barang dan mobilitas masyarakat, dan secara sosial menjaga koneksi wilayah yang menopang aktivitas pendidikan, kesehatan, dan perdagangan. Dengan kondisi kerusakan yang terjadi di Ruas Jalan Belopa – Batas Kota Palopo Km 333-800 sebagai contoh nyata permasalahan infrastruktur di wilayah rawan bencana, studi ini memiliki urgensi tinggi sebagai dasar perencanaan dan pelaksanaan penanganan yang cepat, terukur, dan berbasis ilmiah, sekaligus menegaskan pentingnya integrasi antara pembangunan jalan dan pengelolaan sumber daya air dalam upaya menjaga keberlanjutan fungsi transportasi serta kualitas hidup masyarakat terdampak.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Bahan Berdasarkan peta geologi regional Lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo (Djuri dkk, 1998), dimana untuk lokasi KM 333+800 ruas Belopa – bts. Kota Palopo dengan Koordinat Lokasi yaitu $3^{\circ} 17' 52,51''$ LS dan $120^{\circ} 20' 43,24''$ BT. Secara administratif penelitian ini terletak di Sungai Salu Pareman Desa Salu Pareman Kecamatan Kamanre Kabupaten Luwu daerah Cilellang diketahui bahwa daerah tersebut tersusun oleh beberapa formasi batuan Alluvium (Qa) tersusun oleh lumpur, lanau, pasir, kerikil dan koral yang merupakan endapan pantai, sungai dan rawa.

2.2. Metode Pengolahan Data

Penyelidikan Tanah Dengan Bor

a. Lokasi Titik BH 1

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah, diperoleh nilai Standard Penetration Test (SPT) sebesar 60 pada kedalaman 30 meter, dengan komposisi material tanah berupa pasir halus dan pasir berlempung. Pada kedalaman yang sama, lapisan tanah dasar didominasi oleh pasir kasar yang diselingi dengan sisipan kerikil, menunjukkan karakteristik tanah yang memiliki tingkat kepadatan relatif tinggi dan daya dukung

- yang signifikan terhadap beban konstruksi.
- Lokasi Titik BH 2
Berdasarkan hasil penyelidikan tanah, diperoleh nilai Standard Penetration Test (SPT) sebesar 30 pada kedalaman 35 meter. Lapisan tanah pada kedalaman tersebut tersusun atas material pasir halus dan pasir berlempung, yang menunjukkan kondisi tanah dengan tingkat kepadatan sedang serta karakteristik mekanis yang dipengaruhi oleh kombinasi sifat butiran halus dan kohesif.
 - Lokasi Titik BH 3
Hasil penyelidikan tanah menunjukkan bahwa pada kedalaman 35 meter diperoleh nilai Standard Penetration Test (SPT) sebesar 30. Lapisan tanah pada kedalaman tersebut terdiri atas material pasir halus dan pasir berlempung, yang mengindikasikan tingkat kepadatan sedang hingga padat serta karakteristik kekuatan geser yang dipengaruhi oleh kombinasi sifat non-kohesif dari pasir dan sifat kohesif dari fraksi lempung.
 - Lokasi Titik BH 4
Berdasarkan hasil penyelidikan tanah, pada kedalaman 30 meter diperoleh nilai Standard Penetration Test (SPT) sebesar 60. Lapisan tanah pada kedalaman tersebut tersusun atas pasir halus dan pasir berlempung dengan sisipan kerikil. Kondisi ini mengindikasikan tingkat kepadatan tinggi serta potensi daya dukung yang besar, di mana karakteristik tanah dipengaruhi oleh kombinasi material non-kohesif (pasir dan kerikil) serta fraksi kohesif dari lempung.

Penyelidikan Dengan Gelistrik

- Penyelidikan dengan Geolistrik Line 1

Line 1 dengan panjang lintasan pengukuran 160 meter kedalaman maksimal 28.7 meter, dan melintang dari arah selatan ke utara. Dari hasil pengukuran dan tampilan penampang resistivitas diperoleh rentang resistivitas semu (ρ) dari lapisan tanah/batuhan antara 0.5 – 700 Ωm . Secara umum dapat dibagi menjadi 2 (dua) jenis lapisan pertama dengan nilai resistivitas antara 0.5 - 100 Ωm (biru tua – hijau muda). Dengan kedalaman bervariasi mulai dari 0m hingga 28m dari permukaan tanah. Penentuan lapisan ini berdasarkan informasi data geologi dan respon yang menunjukkan lapisan ini merupakan jenis tanah lempung yang berselingan dengan pasir. Lapisan jenis ini mendominasi di area tengah hingga arah utara lintasan penelitian geolistrik berdasarkan gambaran penampang geolistrik line 1. Jenis lapisan kedua nilai resistivitas 100 – 700 Ωm (kuning – jingga) diduga merupakan lapisan pasir yang berselingan dengan batuan kerikil. Lapisan jenis ini mendominasi di area sebelah selatan lintasan penelitian. Dan berada di kedalaman 5m hingga 28m ke bawah.

- Penyelidikan dengan Geolistrik Line 2

Line 2 dengan panjang lintasan pengukuran 190 meter kedalaman maksimal 34 meter, dan melintang dari arah selatan ke utara. Dari hasil pengukuran dan tampilan penampang resistivitas diperoleh rentang resistivitas semu (ρ) dari lapisan tanah/batuhan antara 0.5 – 700 Ωm . Secara umum dapat dibagi menjadi 2 (dua) jenis lapisan pertama dengan nilai resistivitas antara 0.5 - 100 Ωm (biru tua – hijau muda). Dengan kedalaman bervariasi mulai dari 0m hingga 20m dari permukaan tanah. Penentuan lapisan ini berdasarkan informasi data geologi dan respon yang menunjukkan lapisan ini merupakan jenis tanah lempung yang berselingan dengan pasir. Jenis lapisan kedua nilai resistivitas 100 – 2000 Ωm (kuning – ungu) diduga merupakan lapisan pasir yang berselingan dengan batuan kerikil. Lapisan jenis ini mendominasi mulai dari kedalaman 10m hingga 28m ke arah bawah.

- Penyelidikan dengan Geolistrik Line 3

Line 3 dengan panjang lintasan pengukuran 80 meter kedalaman maksimal 16 meter, dan melintang dari arah barat ke timur. Dari hasil pengukuran dan tampilan penampang resistivitas diperoleh rentang resistivitas semu (ρ) dari lapisan tanah/batuhan antara 0.5 – 100 Ωm . Secara umum hanya terdiri dari satu jenis dengan nilai resistivitas antara 0.5 - 100 Ωm (biru tua – hijau tua). Dengan kedalaman bervariasi mulai dari 0m hingga 16m dari permukaan tanah. Penentuan lapisan ini berdasarkan informasi data geologi dan respon yang menunjukkan lapisan ini merupakan jenis tanah lempung yang berselingan dengan pasir. Lapisan jenis ini mendominasi di area permukaan, mulai dari 0m hingga kedalaman 16m

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada perencanaan dinding penahan tanah berupa Sheet Pile ini memiliki item harus di tentukan yaitu penentuan profil sheet pile, batang angker, dan batang waling. Untuk penentuan tersebut memiliki beberapa proses yang harus dilakukan terlebih dahulu sehingga dapat dilakukan perhitungan seperti dibawah ini:

Data Sheet Pile

$$\begin{array}{ll} a & = 1.00 \text{ m} \\ b & = 1.00 \text{ m} \end{array}$$

$$H_w = 5.00 \text{ m}$$

Beban merata:

$$q = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

Tanah timbunan:

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= 12.50 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma_d1 &= 17.50 \text{ kN/m}^3 \\ \phi_1 &= 18.00^\circ \\ C_1 &= 0.00 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Tanah Asli:

$$\begin{aligned} \gamma_2 &= 17.50 \text{ kN/m}^3 \\ \phi_2 &= 20.00^\circ \\ C_2 &= 0.00 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, selanjutnya dilakukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah secara menyeluruh. Analisis meliputi penentuan koefisien tanah aktif dan pasif untuk memperoleh distribusi tekanan lateral tanah, perhitungan beban efektif pada sheet pile termasuk beban hidrostatis dan beban hidup sementara, serta penentuan panjang penetrasi (embedding depth) yang diperlukan untuk menjamin kestabilan. Selain itu dihitung gaya angker bila digunakan sistem penambat, serta momen maksimum yang terjadi sepanjang profil dinding untuk memastikan kekuatan dan kekakuan elemen struktur. Dari rangkaian perhitungan ini diperoleh kedalaman dan konfigurasi profil dinding penahan tanah yang memenuhi kriteria stabilitas terhadap geser, overturning, dan penurunan, sehingga desain akhir dapat dijadikan dasar pelaksanaan pekerjaan konstruksi yang aman dan andal.

Analisis Beban Pada Sheet Pile

a. Perhitungan koefisien Tanah Aktif dan Pasif

- Tanah di atas galian

$$\begin{aligned} K_a1 &= \tan^2(45^\circ - \phi_1 / 2) = 0.53 \\ K_p1 &= \tan^2(45^\circ + \phi_1 / 2) = 1.89 \end{aligned}$$

- Tanah di bawah galian

$$\begin{aligned} K_a2 &= \tan^2(45^\circ - \phi_2 / 2) = 0.49 \\ K_p2 &= \tan^2(45^\circ + \phi_2 / 2) = 2.04 \end{aligned}$$

b. Perhitungan beban yang bekerja pada *sheet Pile*

- Resultan gaya tekanan tanah aktif terhadap Angker (Titik A)

$$\begin{aligned} d_1 &= M / Pa \\ &= 1041.29 / 258.38 \\ &= 4.03 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Perhitungan Panjang Penetrasi

- Panjang Penetrasi yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} D &= y + D_1 \\ &= 1.85 + 2.81 \\ &= 4.66 \Rightarrow 4.70 \text{ m} \end{aligned}$$

- Panjang Total Sheet Pile yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} L &= a + b + H_w + D \\ &= 1.00 + 1.00 + 5.00 + 4.70 \\ &= 11.70 \Rightarrow 12.00 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Perhitungan Gaya Angker

$$\begin{aligned} T &= Pa - 0.5 * D_1 * \gamma_2' * (K_{p2} - K_{a2}) \\ &= 258.38 - 0.5 * 2.81 * 17.50 * (2.04 + 0.49) \\ &= 220.28 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

e. Perhitungan Momen Maksimum

- Persamaan Momen :

$$-2.75 * x_3 + -10.56 * x_2 + 196.53 * x + 202.7 = 0$$

- Persamaan Gaya Lintang :

$$-8.25 * x_2 + -21.11 * x + 196.5 = 0$$

$$\begin{aligned} x_1 &= -6.33 \\ x_2 &= 3.77 \end{aligned}$$

Dambil yang memenuhi

$$x = 3.766$$

Dengan memasukkan x pada persamaan momen di atas maka :

$$M_{max} = 646.246 \text{ kNm}$$

f. Penentuan Profil Sheet Pile

Tegangan yang terjadi pada penampang Sheet Pile

$$\begin{aligned}\sigma &= P / A + M / W \\ &= 18.00 / 0.01870 + 581.62 / 0.00220 \\ &= 238802 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

g. Penentuan batang Angker

Tegangan yang terjadi pada penampang Sheet Pile

$$\begin{aligned}\sigma &= P / A + M / W \\ &= 396.51 / 0.00377 + 2.70 / 0.00032 \\ &= 113621 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

h. Penentuan batang Waling

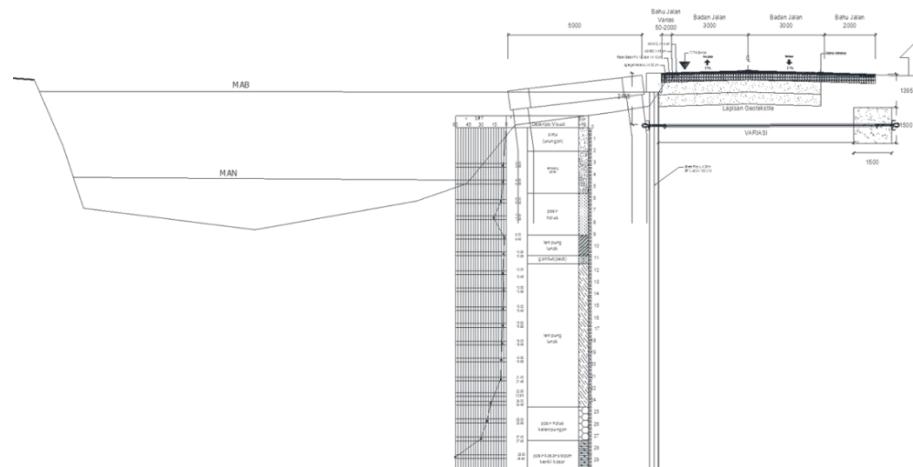
Tegangan yang terjadi pada penampang Sheet Pile

$$\begin{aligned}\sigma &= M / W \\ &= 2.38 / 0.00063 \\ &= 3782 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

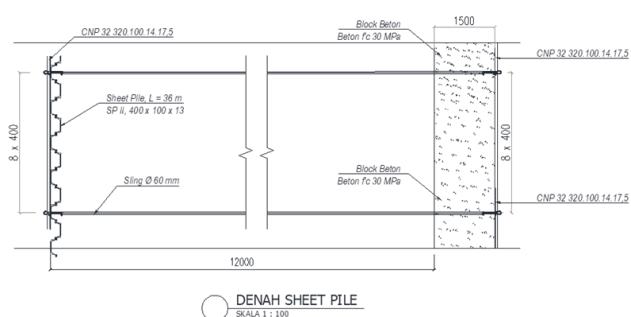
Desain Penahan Longsor

Merencanakan dinding sheet pile dengan menentukan karakteristik dari dinding sheet pile dengan mengetahui panjang dinding yang di perlukan, profil dari sheet pile dan penentuan sistem jangkar.

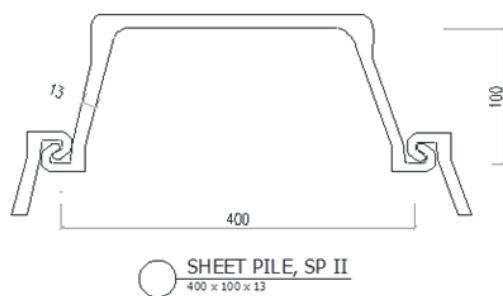
Pada studi ini penanganan longsor yang dimodelkan yaitu Bangunan sheet-pile existing sebagai tembok penahan lateral dapat digunakan dan dikombinasikan dengan bangunan baru tipe penahan tanah (contoh : sheet pile baja angkur) pada sisi kanan badan jalan.



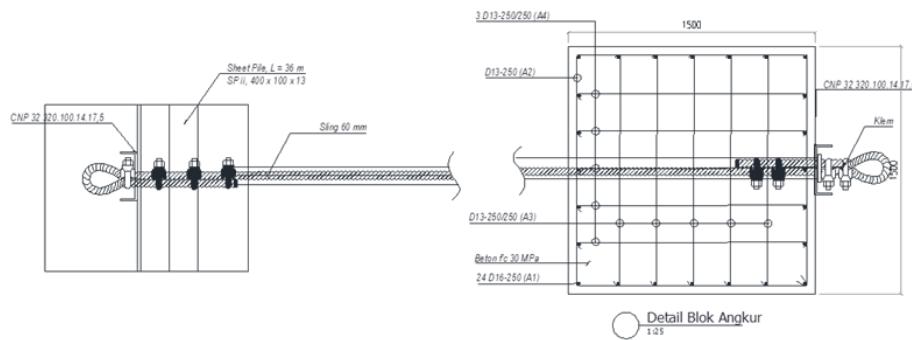
Gambar 1 . Typikal Penanganan dengan Sheet Pile Baja



Gambar 2. Denah Sheet Pile



Gambar 3. Detail Sheet Pile, SP II



Gambar 4. Denah Blok Angkur

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penanganan longsor badan jalan akibat gerusan aliran sungai pada ruas Jalan Belopa – Batas Kota Palopo memerlukan metode yang tepat untuk memastikan kestabilan lereng dan kelangsungan fungsi infrastruktur jalan. Hasil investigasi geoteknik di lokasi menunjukkan bahwa lapisan tanah keras berada pada kedalaman sekitar 32 meter. Kondisi ini menuntut sistem penahan tanah yang memiliki kapasitas tinggi dalam menahan tekanan lateral serta mampu bertahan terhadap beban dinamis dan proses erosi yang dipicu oleh aliran sungai. Oleh karena itu, metode konstruksi yang dipilih harus mampu bekerja efektif pada kondisi tanah jenuh air dan memiliki daya tahan struktural yang memadai.

Metode yang digunakan adalah dinding penahan tanah (retaining wall) tipe sheet pile. Pemilihan metode ini didasarkan pada kemampuannya menahan gaya dorong tanah, kemudahan instalasi di lingkungan kerja dengan kondisi tanah jenuh, serta efektivitasnya dalam mengurangi risiko kelongsoran akibat penggerusan sungai. Analisis perencanaan dilakukan melalui serangkaian tahapan, meliputi perhitungan koefisien tanah aktif dan pasif, penentuan beban yang bekerja pada dinding, perhitungan momen maksimum, penentuan panjang penetrasi (embedding depth), serta evaluasi gaya angker jika dibutuhkan.

Berdasarkan hasil analisis teknis, panjang sheet pile yang dibutuhkan untuk mencapai tanah keras adalah 32 meter. Jenis sheet pile yang digunakan adalah tipe SP II, yang dipilih karena memiliki kekuatan lentur tinggi, ketahanan terhadap korosi, dan kualitas interlocking yang baik. Pada setiap tahap pemasangan (setting), digunakan tiga batang sheet pile agar lebar penanganan sesuai dengan desain perencanaan. Penerapan sheet pile tipe SP II diharapkan dapat mengendalikan tekanan lateral tanah, mengurangi potensi kelongsoran, dan memberikan perlindungan jangka panjang bagi badan jalan dari pengaruh erosi sungai. Dengan desain yang sesuai standar teknis dan pelaksanaan yang tepat, metode ini menjadi solusi efektif serta berkelanjutan untuk mengatasi kerusakan infrastruktur jalan akibat faktor geoteknis dan hidrologis.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrosyid,J dan Fatchan, AK. 2007. Gerusan Di Sekitar Abutmen Dan Pengendaliannya Pada Kondisi Ada Angkutan Sedimen Untuk Saluran Berbentuk Majemuk. Dinamika TEKNIK SIPIL, Volume 7, Nomor 1, Januari 2007 : 20 –29. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Apriyono, A., Sumiyanto, S., & Wariyatno, N. G. (2017). Analisis Penanggulangan Kelongsoran Tanah Pada Ruas Jalan Gunung Tugel Patikraja Banyumas. Jurnal Teknik Sipil, 14(1), 53–61. <Https://Doi.Org/10.24002/Jts.V14i1.1017>
- Effendi, Ahmad Danil. (2008). Identifikasi Kejadian Longsor Dan Penentuan Faktor-Faktor Utama Penyebabnya Di Kecamatan Babakan Madang Kabupaten Bogor. Skripsi. IPB Bandung.
- Hidayat, R., & Moh. Dedy Munir. (2019, June 14). Analisis Longsor Di Sungai Cipunagara Subang Dan Desain Penangannya. Retrieved March 8, 2023, From Researchgate
- Hardiyatmo, H.C.2002.Mekanika Tanah I, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2015, Perencanaan Perkerasan Jalan & Penyelidikan Tanah, Yogyakarta: UGM Press.
- Maria Handayani S, Yosef Aryanto, Siti Hardiyati, & Bambang Pardoyo. (2013). Penanganan Longsoran Ruas Jalan Prupuk – Bts. Banyumas (Ciregol, Kec. Tonjong, Kab. Brebes) Pada Km. Pkl 115+550 S/d Km. Pkl 115+650. Jurnal Karya Teknik Sipil S1 Undip, 2(3), 327–339. <https://media.neliti.com/media/publications/137703-ID-none.pdf>

- Mulyana, A. (2020). Analisis Struktur Dinding Penahan Tanah (Dpt) Dan Borpile Pada Penanganan Longsoran Ruas Jalan Bts. Kota Sumedang–Cijelag, Kecamatan Tomo, Provinsi Jawa Barat (Doctoral Dissertation, Universitas Sangga Buana Ypkp Bandung).
- Natasia, I., Nurdin, A. R., & Setiawan, A. (2025). Alternatif Perencanaan Penanggulangan Longsoran Menggunakan Dinding Penahan Tanah Type Cantilever Pada Ruas Jalan Toboli–Kebun Kopi Sulawesi Tengah. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, 3(2), 216-223.
- Pengaruh Volume Kendaraan Terhadap Tingkatkerusakan Jalan Pada Perkerasan Lentur (Flexible Pavement) | *Jurnal Teknik Sipil*. (2019). Retrieved March 8, 2023, From Unpal.Ac.Id Website: <Https://Jurnal.Unpal.Ac.Id/Index.Php/Tekniksipil/Article/View/298>
- Silvia Sukirman, 1999, Pekerjaan Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung. 10. Silvia Sukirman, 2003, Beton