



- Evaluasi Struktur Bangunan Hijau Institut Teknologi Sains Bandung dengan Metode *Pushover Analysis* (Studi Kasus: Tinjauan Kemanan dan Keselamatan Jalur Evakuasi)** 1  
*Catur Bayu Wijaya Kusuma, Ilham, Arzal M. Zain*
- Analisis Kebutuhan Pembelajaran Administrasi Proyek Bagi Mahasiswa Teknik Sipil Dalam Menghadapi Dunia Kerja Konstruksi: Studi Berdasarkan Data Survei** 9  
*Ni Made Ayu Juli Andjani, Fiisyatin Rodiah*
- Karakteristik Tanah Berdasarkan Data Sondir Pada Perencanaan Saluran Di Kawasan Huntap Pombewe Kabupaten Sigi** 15  
*Fiisyatin Rodiah, Sri Warliawati, Hardiyanti Sarika, Rizki Amaliah*
- Analisis Komponen Biaya SMKK pada Proyek Konstruksi Sulawesi Tengah Berdasarkan Permen PUPR No. 10 Tahun 2021** 21  
*Lilis Deviana, Nirmalawati, Arief Setiawan, Sri Nur Akifa*
- Optimalisasi Sistem Drainase Pada Kawasan Perumahan di Wilayah Sampang Madura** 29  
*Clara Zenicha Lioni, Rezky Susmono Karuru, Tiffani Mandasari Putri Mantong, Novacharisma V. Verucha*
- Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Dinding Penahan Tanah dengan Perkuatan *Bor Pile* (Studi Kasus pada Ruas Jalan Paleleh-Lokodaka km. 685+100)** 35  
*Suci Amalia Namira Wahidin, Dede Irham Arief, Bayu Rahmat Ramadhan, Misel Boro Allo*
- Pengaruh Pengetahuan dan Sikap terhadap Perilaku Tenaga Kerja dalam Penerapan K3 pada Pekerjaan Drainase (Studi Kasus Pekerjaan Drainase Jln. Keputih Tegal Timur, Surabaya)** 45  
*William Arrang Sarungallo, Fritswel Ratmady Payung, Clara Zenicha Lioni, Andi Rizal*
- Analisis Kepadatan Lapisan Pondasi Agregat Kelas A dengan Metode *Sand Cone* di Ruas Jalan Nagamboa-Watumite Kabupaten Ende** 53  
*Reineldis Miranti Mbola, Reysha Rizki Amanda Lubis*



# Jurnal Surya Teknika

Volume 1 Edisi 2 (Desember 2024)

ISSN 3063-055X

## Pimpinan Editor

Ir. Arzal M. Zain, S.T., MT.

Universitas Muhammadiyah Palu

## Dewan Editor

Ir. Wahiduddin Basry, S.T., M.T.

Universitas Muhammadiyah Palu

Andi Rizal, S.T., M.T.

Universitas Tadulako

Ir. H. Eko Widodo, S.T., M.T.

Universitas Muhammadiyah Palu

Nursalim, S.Kom., M.Kom.

Universitas Muhammadiyah Palu

Budi Mulyono, S.Kom., M.Kom.

Universitas Muhammadiyah Palu

## Reviewer

Prof. Dr. H. Rajindra, S.E., M.M.

Universitas Muhammadiyah Palu

Prof. Dr. Ir. Galib Ishak, M.S.

Universitas Tadulako

Prof. Dr. H. Zakir Sabara, S.T., M.T.

Universitas Muslim Indonesia

Dr. Ir. Muhammad Yazdi Pusadan, S.Kom., M.Eng.

Universitas Tadulako

Dr. Astuti Masdar, S.T., M.T.

Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh

Jurnal Surya Teknika (JST) adalah jurnal teknik enam bulanan. JST berfokus pada bidang teknik dan ilmu sains lain yang berkaitan dengan permasalahan teknik.



## Evaluasi Struktur Bangunan Hijau Institut Teknologi Sains Bandung dengan Metode *Pushover Analysis* (Studi Kasus: Tinjauan Keamanan dan Keselamatan Jalur Evakuasi)

Catur Bayu Wijaya Kusuma<sup>1</sup>, Ilham<sup>\*1</sup>, Arzal M. Zain<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi dan Sains Bandung, Cikarang Pusat, Jalan Ganesha Boulevard No. 1

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palu, Palu, Jalan Hang Tuah No. 114

\*Penulis korespondensi: [ilham.chaniago@gmail.com](mailto:ilham.chaniago@gmail.com)

DISUBMIT 2 Januari 2025 DIREVISI 12 Juni 2025 DITERIMA 14 Juni 2025

**ABSTRAK** Bangunan harus dirancang tahan gempa demi keselamatan dan kenyamanan penggunanya. Penelitian ini mengevaluasi struktur bangunan hijau Institut Teknologi Bandung menggunakan metode Analisis *Pushover* dengan studi kasus jalur evakuasi. Gedung ITSB memiliki satu titik akses evakuasi berupa tangga yang cukup terbuka sehingga berbahaya jika terjadi gempa. Sehingga, jalur evakuasi perlu ditinjau dari segi ketahanan struktur dengan metode Analisis *Pushover*. Rumusan masalah penelitian ini adalah potensi terjadinya sendi plastis pada jalur evakuasi yang dapat membahayakan proses evakuasi. Penelitian ini sendiri bertujuan untuk mengetahui potensi luas sambungan plastis pada Gedung ITSB dengan Analisis *Pushover*. Analisis *Pushover* dilakukan dengan simulasi beban lateral terstruktur yang kemudian dinaikkan secara bertahap untuk mengetahui bentuk perpindahan suatu struktur. Analisis *Pushover* dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui bagian mana berpotensi mengalami sambungan plastis. Engsel plastis merupakan bentuk pelemahan struktur pada elemen struktur yang mengakibatkan struktur tersebut tidak dapat mempertahankan kekuatannya. Dari hasil analisis *Pushover* didapatkan bahwa sebaran engsel plastis dapat membahayakan pengguna gedung untuk melakukan evakuasi. *Pushover Analysis* menunjukkan bahwa dari mekanisme sebaran engsel plastis yang terjadi, pelelehan pertama terjadi pada balok penopang tangga. Dimana tangga tersebut merupakan akses utama jalur evakuasi pada gedung ITSB. Untuk menentukan langkah pencegahan kerusakan struktur maka dilakukan evaluasi khusus pada area struktur tangga mengenai ketahanan struktur area tangga yang terjadi engsel plastis. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa dari segi ketahanan struktur maka struktur tangga harus dilakukan perkuatan pada area yang terdapat engsel plastis.

**KATA KUNCI** *Building, Earthquake; Pushover Analysis; Evacuation Route*

### 1 PENDAHULUAN

Bangunan gedung ialah bentuk fisik pemanfaatan ruang, dengan kegunaan sebagai media manusia melaksanakan aktivitasnya, baik untuk hunian ataupun tempat untuk menetap, kependidikan, keagamaan, aktivitas usaha, budaya maupun kegiatan khusus lainnya. Perencanaan struktur bangunan tahan gempa sangatlah penting di Indonesia, bangunan tahan gempa harus memiliki ketahanan untuk tidak runtuh, mampu untuk menahan bangunan itu sendiri, dan tidak rusak akibat gempa, maka dari itu Gedung perlu didesain tahan gempa demi keselamatan dan kenyamanan pemakainya, hal ini bertujuan untuk mencegah kegagalan struktur ataupun hilangnya korban jiwa.

Bangunan gedung Institut Teknologi Sains Bandung merupakan bangunan gedung yang

mempunyai 4 lantai yang berkonsep green building. Gedung Institut Teknologi Sains Bandung menempati area seluas 5 hektar, di Central Business District Kota Deltamas, Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi. Usia gedung ITSB sendiri terbilang masih cukup baru karena dibangun pada tahun 2011. Gedung ITSB hanya mempunyai satu akses tangga yang cukup terbuka sehingga jika terjadi gempa atau kebakaran, tangga tersebut bisa membahayakan penggunanya. Syarat-syarat bangunan gedung yang baik yaitu harus mempunyai tangga darurat, dan tangga darurat harus memenuhi persyaratan tahan gempa. Untuk merencanakannya, dengan kriterianya yaitu dipergunakan untuk merancang, Juwana memaparkan (2005:139) dan dalam Bab 3 butir 3.8.1.1 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 26/PRT/M/2008 bahwasanya keseluruhan tangga paling utama pada bangunan yang

tidak rendah, terlindungi dari gas yang beracun, serta harus disesuaikan dengan kegunaan dan yang menjadi klasifikasinya, jumlah dan keadaan serta yang menjadi jarak aman. Sarana pintu keluar dan jalur evakuasi harus dilengkapi tanda arah yang memudahkan untuk dibaca serta jelas. Tentang sarana evakuasi juga tercantum pada Permen PUPR Nomor 14 Tahun 2017 tentang persyaratan kemudahan bangunan gedung.

Sarana evakuasi yang memadai sangat krusial dalam kesiapsiagaan, dalam kasus ini khususnya bencana gempa, ialah fenomena alam yang penyebabnya dari gesernya secara mendadak pada lapisan bawah bumi. Perhitungan gempa rencana ini harus menghasilkan struktur gedung yang masih bisa berdiri di keadaan bagaimanapun [1]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini Penulis meneliti gedung ITSB dengan cara memodelkan struktur gedung utama ITSB dengan *software* ETABS 2018 versi 18.2.0. selanjutnya dianalisis menggunakan *Pushover Analysis* untuk mengetahui sendi plastisnya.

Pada tahap perencanaan struktur bangunan dilakukan pemodelan rencana bangunan yang kemudian disimulasikan terhadap berbagai beban gempa, pemodelan bangunan dimulai pada tahap simulasi rencana terhadap beban gempa. Simulasi rencana dapat memberikan informasi dan tingkatan yang rusak, sehingga dapat memperkirakan keselamatan, kesiapan pakai dan kerugian yang akan terjadi. Perencanaan khususnya bangunan tinggi menggunakan metode *Pushover Analysis*. *Pushover Analysis* bertujuan untuk mendapatkan keruntuhan gedung, besarnya perpindahan dan gaya geser maksimum dengan cara memberikan beban dorong statis pada pusat massa tiap lantai.

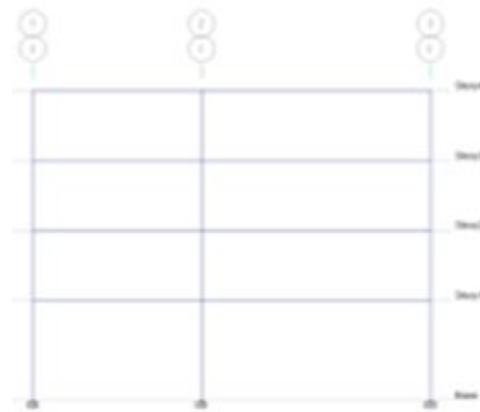
Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hasil analisis statis non linear (*Pushover Analysis*), mengetahui potensi sendi plastis bangunan, dan juga mengevaluasi kekuatan

struktur bangunan dari sisi keselamatan dan keamanan jalur evakuasi.

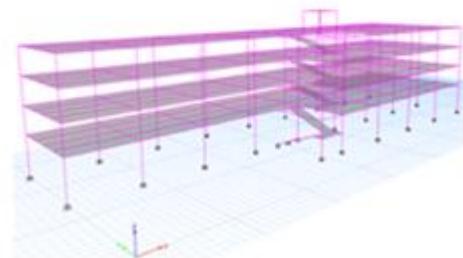
## 2 METODOLOGI

Pemodelan struktur ini menggunakan bangunan beton ditinjau dari gedung kampus ITSB pada Program ETABS, pemodelan meliputi:

Jumlah tingkat : 5 lantai  
Lebar portal : 8.4 m & 11.4 m  
Tinggi portal per lantai : 3.7 m



a. Tampak Bangunan Eksisting



b. Tampak Bangunan 3D

Gambar 1 Denah Struktur Kampus ITSB

**Pembebanan Struktur.** Beban mati tambahan yang bukan elemen struktur seperti finishing lantai, dinding partisi, dan lain-lain, dihitung berdasarkan berat satuan (*specific gravity*) menurut tata cara perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung seperti: Beban mati, Beban mati tambahan, Beban Hidup, Beban Gempa, Beban Angin, Beban Lateral [2].

**Kombinasi Pembebanan.** Pada pembebanan struktur merujuk berdasarkan SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk

gedung, dengan kombinasi pembebanan sebagai berikut [3]:

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3.  $1,2 DL + 1 LL \pm 0,3 (\rho QE + 0,2SDSDL) \pm 1$   
( $\rho QE + 0,2 SDSDL$ )
4.  $1,2 DL + 1 LL \pm 1 (\rho QE + 0,2SDSDL) \pm 0,3$   
( $\rho QE + 0,2 SDSDL$ )
5.  $0,9 DL \pm 0,3 (\rho QE - 0,2 SDSDL) \pm 1$  ( $\rho QE - 0,2 SDSDL$ )
6.  $0,9 DL \pm 1 (\rho QE - 0,2 SDSDL) \pm 0,3$  ( $\rho QE - 0,2 SDSDL$ )

Dimana, DL = beban mati, termasuk SIDL, LL = beban hidup, EX = beban gempa arah-x, EY = beban gempa arah-y, P = faktor reduksi untuk desain seismik, SDS = parameter percepatan spektrum respons desain pada periode pendek, QE = pengaruh gaya seismik horizontal dari V.

**Pushover Analysis.** Analisa statis non linier ialah yang menjadi acuan untuk memperhatikan penyikapan, suatu pembangunan pada gempa, pengenalan pada penganalisaan *pushover*, ataupun pembebanan dorong statis. Tujuan analisa *pushover* yaitu diperuntukkan untuk perkiraan gaya serta deformasi dari perolehan informasi yang kritis, kemudian dengan identifikasi pembagian yang dibutuhkan dengan detail, penunjukan jika analisisnya memperoleh hasil yang cukup, untuk bangunan reguler serta tidak tinggi.

Tabel 1 dan Tabel 2. Kemudian beban mati tambahan ini diterapkan pada pelat sebagai beban merata yang terdistribusi ke seluruh pelat lantai.

Beban hidup mengacu pada peraturan pembebanan Indonesia, nilai pembebanan hidup dengan kegunaan ialah dari 250 kg/m<sup>2</sup> pada masing-masing pelat lantai, diperuntukkan pada pembebanan pada lantai dengan 100 kg/m<sup>2</sup>. Beban tersebut diaplikasikan sebagai beban merata pada pelat yang terdistribusi pada seluruh lantai pelat.

Analisis struktur terhadap beban gempa menggunakan metode respons spektrum.

**Jalur Evakuasi.** Jalur evakuasi ialah media keamanan yang menjadi perhatian perencanaan gedung, yang pertama dilakukan dengan keadaan yang darurat, pencarian jalan keluar dengan ketepatan dan keamanan. Kualitasnya, dengan menanggulangi bencana, menjamin keselamatan penggunaan bangunan. Sistem keselamatan pada gedung yang diidentifikasi dalam penelitian ini adalah sarana keselamatan dimana tiap-tiap komponennya mengacu kepada beberapa peraturan yang berlaku.

### 3 PEMBAHASAN DAN DISKUSI

**Data Struktur.** Pemodelan struktur dalam kajian ini adalah struktur Gedung Utama Institut Teknologi Sains Bandung. Struktur dimodelkan dalam skala tiga dimensi dengan memasukkan elemen struktur berupa kolom dan balok dan pelat lantai balok dibuat komposit dengan pelat lantai. Pelat lantai dihitung sebagai beban pada balok. Kolom-kolom dianggap jepit pada bagian bawah.

**Aplikasi Pembebanan pada Model.** Beban mati merupakan berat sendiri struktur bangunan, yang secara otomatis diperhitungkan oleh program berdasarkan berat jenis material dan dimensi penampang struktur. Beban mati tambahan yang bekerja pada pelat lantai meliputi, seperti yang ditunjukkan pada

Analisis ini menggunakan Spektrum Respons Gempa Rencana dari SNI 1726:2019. Adapun perhitungannya dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut [4]:

- 1) Struktur bangunan ini termasuk dalam kategori Gedung Pendidikan memiliki kategori pemanfaatan IV.
- 2) Menentukan faktor keutamaan (*Importance Factors*) bangunan berdasarkan tabel untuk *occupancy category* II maka diperoleh faktor keutamaan gempa,  $I_e = 1.50$ .

Tabel 1 Beban Mati per m<sup>2</sup> pada Lantai Tipikal

Jenis Beban	Berat kN/m <sup>2</sup>	Diambil dari
Keramik Spesi	1,10	(ASCE 7-16 Table C3-1 Ceramic or quarry tile (19mm) on 25 mm mortar bed)
Ducting Mekanikal	0,19	(ASCE 7-16 Table C3-1, Mechanical Duct Allowance)
Penggantung Langit-langit	0,1	(ASCE 7-16 Table C3-1, Suspended Steel Channel Sytem)
Plafon	0,05	(ASCE 7-16 Table C3-1, Acoustical fiberboard)
Total	1,44	

Tabel 2 Beban Mati per m<sup>2</sup> pada atap

Jenis Beban	Berat kN/m <sup>2</sup>	Diambil dari
Lapisan Waterproofing	0,05	(ASCE 7-16 Table C3-1 Waterproofing Membranes Liquid Applied)
Ducting Mekanikal	0,19	(ASCE 7-16 Table C3-1, Mechanical Duct Allowance)
Penggantung Langit-langit	0,1	(ASCE 7-16 Table C3-1, Suspended Steel Channel Sytem)
Plafon	0,05	(ASCE 7-16 Table C3-1, Acoustical fiberboard)
Total	0,39	

3) Kota Deltamas, Kabupaten Bekasi merupakan daerah yang mayoritas memiliki jenis tanah yang berupa tanah sedang. Selain itu hasil penyelidikan tanah pada lokasi struktur bangunan yang dibangun juga memiliki kriteria yang sama dengan peraturan SNI 1726:2019 yang menunjukkan bahwa klasifikasi kelas situs yaitu SD (Tanah Sedang).

4) Menentukan besarnya parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (SDS) dan pada perioda 1 detik (SD1). Berikut nilai SS (parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk perioda pendek) dan S1 (parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk perioda 1.0 detik) yang terdapat pada laporan *Site Specific Response Spectrum*. Berdasarkan laporan yang ada, untuk daerah Kota Deltamas, Kabupaten Bekasi didapatkan nilai  $S_s = 0.7 - 0.8$  g dan  $S_1 = 0.3 - 0.4$  g, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Berdasarkan peta zonasi gempa untuk Kota Deltamas, Kabupaten Bekasi diperoleh:  $S_s = 0.705$  g dan  $S_1 = 0.3$  g.

5) Menentukan Koefisien Situs (*Site Coefficient*),  $F_a$  dan  $F_v$ , a) Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 6.2 dengan  $S_s = 0,705$  g untuk site class E didapatkan besar

koefisien situs,  $F_a = 1.2$ , b) Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 6.2 dengan  $S_1 = 0,3$  g untuk site class E didapatkan besar koefisien situs,  $F_v = 2,0$ .

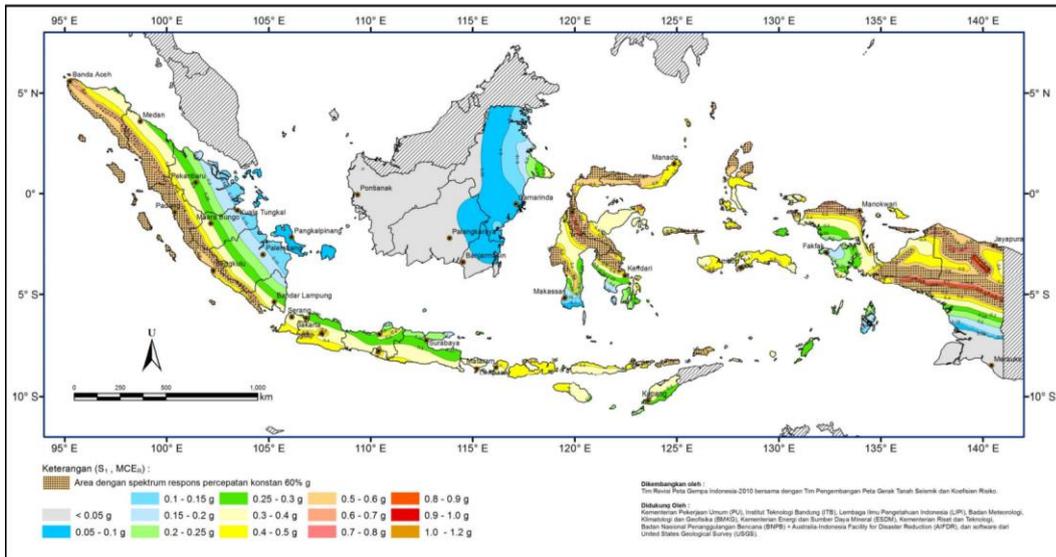
6) Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 6.3 menentukan *Maximum Considered Earthquake (MCE) Spectral Respons Acceleration* pada perioda 0,2 detik  $SDS = 2/3 (F_a.SS) = 2/3 (1,2 \times 0,705) = 0,564$ .

7) Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 6.3 menentukan *Maximum Considered Earthquake (MCE) Spectral Respons Acceleration* pada perioda 1 detik  $SD1 = 2/3 (F_v.S1) = 2/3 (2,0 \times 0,3) = 0,4$

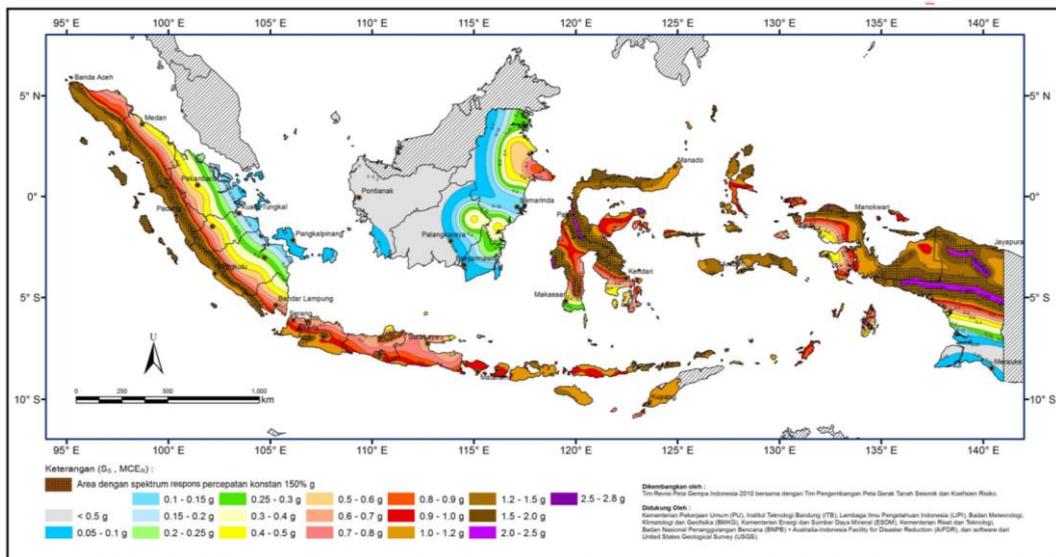
8) Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 6.5 menentukan Kategori Desain Seismik KDS (*Seismic Design Category*). Pada situs kelas D dengan  $SDS = 0,564$  g dan  $SD1 = 0,4$  g diperoleh Kategori Desain Seismik (KDS) adalah D (risiko gempa tinggi).

9) Adapun grafik spektrum respons gempa desain untuk wilayah gempa Kota Deltamas sebagaimana pada Gambar 4.

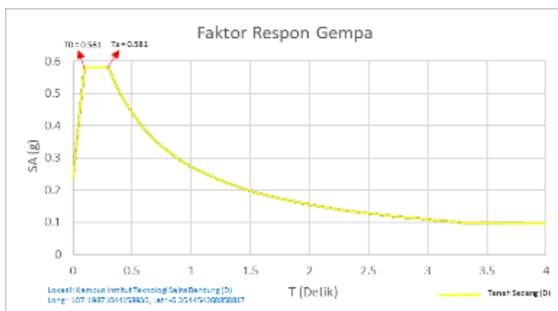
**Evaluasi Kinerja Struktur.** Berdasarkan SNI 1726-2019 disebutkan bahwa menentukan penyimpangan lantai desain yang menjadi perhitungan, perbedaan dengan pusat dan tingkatan paling atas. Simpangan yang



Gambar 2  $S_1$  (MCE<sub>R</sub>), Kelas Situs SB



Gambar 3  $S_s$  (MCE<sub>R</sub>), Kelas Situs SB



Gambar 4 Kurva Faktor Respon Gempa

dilakukan pemeriksaan dengan penjaminan stabilnya struktur, pencegahan yang menjadi elemen dan kenyamanannya. Besarnya penilaian tingkatan yang diperbolehkan ditentukan berdasarkan SNI

1726-2019. Gambar 5 merupakan grafik simpangan pada arah x dan arah y.

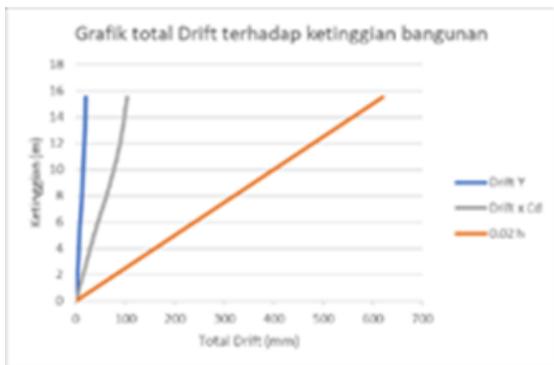
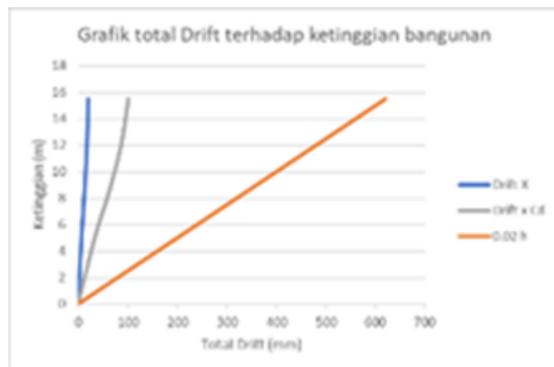
Dapat dilihat pada Gambar 5 grafik di atas besarnya perpindahan horizontal akibat beban gempa arah x adalah 20.16 mm, arah y adalah 20.71 mm. Sedangkan perpindahan horizontal maksimum setelah dikalikan nilai Cd sebesar 5 adalah 100.82 mm arah x dan 103.55 mm arah y. Nilai tersebut masih di bawah batas maksimum 2% sebesar 403.28 mm untuk arah x, 414.2 mm untuk arah y, dan masih memenuhi syarat kinerja karena nilai simpangan yang terjadi berada di bawah nilai batas yang ditentukan SNI 1726-2019.

Tabel 3 Distribusi Sendi Plastis *Pushover* X-X

Step	Monitored Displ (mm)	Base Force (kN)	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	0	0	1652	0	0	0	0	1652	0	0	0	1652
1	32.758	2056.0074	1650	2	0	0	0	1652	0	0	0	1652
2	138.456	8583.4012	1604	47	1	0	0	1649	2	0	1	1652
3	138.486	8419.8651	1600	50	0	2	0	1648	2	0	2	1652
4	150.181	9082.0718	1588	62	0	2	0	1642	8	0	2	1652

Tabel 4 Distribusi Sendi Plastis *Pushover* Y-Y

Step	Monitored Displ (mm)	Base Force (kN)	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	0	0	1652	0	0	0	0	1652	0	0	0	1652
1	7.121	641.5145	1650	2	0	0	0	1652	0	0	0	1652
2	84.018	7320.1426	1624	27	1	0	0	1651	0	0	1	1652
3	84.048	6837.941	1624	27	0	1	0	1651	0	0	1	1652
4	108.599	8460.7089	1620	31	0	1	0	1651	0	0	1	1652



Gambar 5 Grafik Total Drift Terhadap Ketinggian Bangunan (Arah X dan Y)

**Hasil Analisis ETABS.** Setelah mendesain model dan memasukkan fungsi spektral desain pada program maka didapatkan nilai kurva kapasitas yaitu hasil dari gaya geser dan perpindahan yang dilakukan sampai bangunan yang direncanakan runtuh. Pada pemodelan ini diberikan beban dorong yang hingga simpangan maksimum menurut SNI 2847:2019 yaitu sebesar 2% dari tinggi total bangunan. Distribusi sendi plastis pada pemodelan gedung Institut Teknologi Sains Bandung diperlihatkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Dari mekanisme sebaran sendi plastis, dilihat dari Tabel 3 untuk analisis *pushover* bahwa pelelehan pertama kali terjadi pada area tangga yaitu pada step ke 1 dengan  $V = 2056.0074$  kN, kemudian proses berjalan sampai terbentuknya kondisi ultimit pada step ke 2 dengan  $V = 8583.4012$  kN, dimana pada area tangga sudah mengalami kegagalan artinya tidak dapat bekerja lagi.

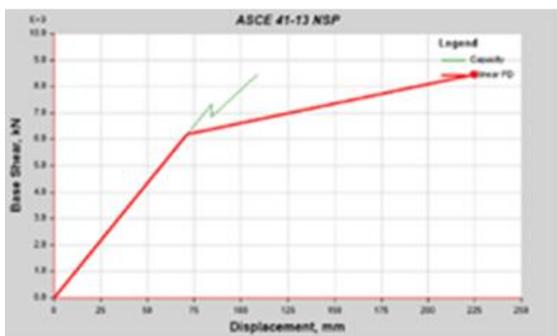
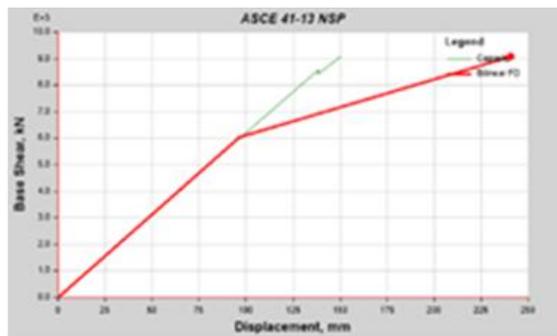
Dan dari mekanisme sebaran sendi plastis, dilihat dari Tabel 4 untuk analisis *pushover* bahwa pelelehan pertama kali terjadi pada area tangga yaitu pada step ke 1 dengan  $V = 641.5145$  kN, kemudian proses berjalan sampai terbentuknya kondisi ultimit pada step ke 2 dengan  $V = 7320.1426$  kN, dimana pada area tangga sudah mengalami kegagalan artinya tidak dapat bekerja lagi.

**Data Kurva Pushover.** Dari data yang diperoleh hasil dari pemodelan, didapatkan data gaya geser dan perpindahan untuk kondisi ultimit dan kondisi leleh pada Gambar 6.

**Jalur Evakuasi.** Berdasarkan hasil pengamatan, gedung utama ITSB telah memiliki beberapa sarana penyelamatan bahaya kebakaran dan gempa, seperti tangga, *exhaust* dan tanda penunjuk ke luar. Gedung utama ITSB memiliki tiga akses masuk di tiga sisi bangunan, yaitu di sisi depan, serta sisi samping kiri dan kanan yang mempunyai 4 lantai, dimana difungsikan untuk kegiatan umum untuk kepentingan kampus maupun kegiatan non kampus. Akan tetapi gedung ITSB hanya mempunyai satu akses tangga yang cukup

Tabel 5 Kondisi Tangga yang Tersedia di Gedung ITSB

Komponen	Kondisi Eksisting	Standar SNI	Kesesuaian
Tangga	Berbentuk U	Tangga yang digunakan sebagai suatu komponen jalan ke luar, harus sesuai dengan persyaratan umum pada bagian/pasal 4 dan persyaratan khusus SNI 03 – 1746 - 2000	Memenuhi Standar
	Lebar = 180 cm	110 cm ( 44 inci), 90 cm ( 36 inci ), apabila total beban hunian dari semua lantai-lantai yang dilayani oleh jalur tangga kurang dari 50. SNI 03 – 1746 - 2000	Memenuhi Standar
	Tinggi anak tangga = 18 cm	18 cm ( 7 inci ) SNI 03 – 1746 - 2000	Memenuhi Standar
	Keedalaman anak tangga = 30 cm	28 cm ( 11 inci ). SNI 03 – 1746 - 2000	Memenuhi Standar
	Ketinggian Bordes = 2.8 m	3,7 m ( 12 ft ) SNI 03 – 1746 - 2000	Memenuhi Standar
	Tinggi railing = 80 cm	75 cm ( 30 inci ) SNI 03 – 1746 - 2000	Memenuhi Standar
	Jarak antar tangga = 29 m - 33 m	Jarak pencapaian ke tangga kebakaran dari setiap titik dalam ruang efektif, maksimal 25 m SNI 03 – 1746 - 2000	Belum memenuhi standar
	Jarak pencapaian terjauh ke tangga = 33 m	Jarak pencapaian ke tangga kebakaran dari setiap titik dalam ruang efektif, maksimal 25 m SNI 03 – 1746 - 2000	Belum memenuhi standar



Gambar 6 Target Perpindahan Struktur Arah X dan Y

terbuka sehingga jika terjadi gempa atau kebakaran, tangga tersebut bisa membahayakan penggunaannya.

Jalur evakuasi berupa tangga, secara umum telah memenuhi standar terutama dari segi estetika, dimensi, dan bentuknya. Hanya saja jarak pencapaian terjauh belum memenuhi standar yang ditetapkan dan hanya ada satu tangga untuk akses jalur

evakuasi, hal ini dapat menghambat kelancaran proses evakuasi dan menyebabkan penumpukan di area tangga untuk jalur evakuasi.

#### 4 KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang dilakukan pada model bangunan gedung utama ITSB dengan menggunakan ETABS dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Dari mekanisme sebaran sendi plastis, dilihat dari Tabel 3 dan Tabel 4 untuk analisis *pushover* arah X bahwa pelelehan pertama kali terjadi pada area tangga yaitu pada step ke 1 dengan  $V = 2056.0074$  kN, dan arah Y pelelehan pertama kali terjadi pada area tangga yaitu pada step ke 1 dengan  $V = 641.5145$  kN. Terbentuknya kondisi ultimit pada step ke 2 arah X dengan  $V = 8583.4012$  kN, dan step ke 2 arah Y dengan  $V = 7320.1426$  kN dimana pada area tangga sudah mengalami kegagalan artinya tidak dapat bekerja lagi.
- 2) Sendi plastis terjadi di area bordes tangga.
- 3) Ditinjau dari sisi ketahanan struktur dan keandalan gedung, terdapat 4 poin yang harus diperhatikan, yaitu: a) Harus adanya perkuatan pada balok bordes tangga, didaerah terjadinya sendi plastis. b) Harus

dibuat tangga darurat baru, sesuai dengan peraturan atau standar yang berlaku. c) Harus diperkuat dengan perkuatan struktur sesuai standar, di area yang terdapat sendi plastisnya. d) Kekuatan struktur pada area tangga baru tersebut merupakan bagian yang harus mengalami sendi plastis yang terakhir kali, karena tangga tersebut merupakan jalur evakuasi untuk penyelamatan sehingga cukup waktu bagi pengguna gedung untuk menyelamatkan diri.

## 5 SARAN

Setelah penelitian ini selesai maka ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu:

- 1) Untuk penelitian selanjutnya dapat disarankan menggunakan perhitungan NLTHA (*Non Linier Time History Analysis*) atau dinamis nonlinier, karena hasil analisa *pushover* masih berupa pendekatan, bagaimanapun perilaku gempa yang sebenarnya adalah bersifat bolak balik melalui suatu siklus tertentu, sedangkan pembebanan analisa *pushover* adalah statik monotonik.
- 2) Jika memungkinkan dibuat tangga darurat. Atau pilihan yang lainnya, dibuat seluncuran *dock slide* untuk evakuasi saat terjadinya kebakaran atau gempa.
- 3) Jalur evakuasi tangga gedung utama ITSB secara umum telah memenuhi standar dari segi estetika, dimensi, dan bentuknya. Hanya saja jarak pencapaian terjauh belum memenuhi standar peraturan SNI 03-1746-2000.
- 4) Menurut PMK Nomor 48 Tahun 2016 tentang keselamatan dan Kesehatan Kerja Perkantoran, bangunan gedung bertingkat lebih dari 3 lantai, harus memiliki tangga darurat atau penyelamatan minimal 2 (dua) buah dan mempunyai kekuatan struktur yang memadai, sehingga cukup waktu untuk para pengguna gedung tersebut untuk menyelamatkan diri dari kemungkinan terjadinya gempa, kebakaran dan lain-lain yang bisa menyebabkan korban jiwa.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Marwanto, A. S. Budi and A. Supriyadi, "Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai Dengan Analisis Pushover Terhadap Drift Dan Displacement Menggunakan Software Etabs (Studi Kasus : Hotel Di Wilayah Surakarta)," *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, pp. 484-491, 2014.
- [2] BSN, SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, 2020.
- [3] BSN, SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, 2019.
- [4] Kementerian PUPR, "RSA Cipta Karya," 2021. [Online]. Available: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>. [Accessed 26 Juni 2020].
- [5] S. Farlainti and Sapta, "Perhitungan Respon Spektra Percepatan Gempa Kota Palembang Berdasarkan SNI 1726:2019 sebagai Revisi Terhadap SNI 1726:2012," *Teknika*, vol. 6, no. 2, pp. 167-177, 2020.



## Analisis Kebutuhan Pembelajaran Administrasi Proyek Bagi Mahasiswa Teknik Sipil Dalam Menghadapi Dunia Kerja Konstruksi: Studi Berdasarkan Data Survei

Ni Made Ayu Juli Andjani\*<sup>1</sup>, Fiisyatin Rodiah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu, Jalan Soekarno Hatta

\*Penulis korespondensi: ni.made.ayu.untad@gmail.com

DISUBMIT 19 Mei 2025

DIREVISI 16 Juni 2025

DITERIMA 19 Juni 2025

**ABSTRAK** Administrasi proyek merupakan salah satu komponen utama dalam pengelolaan proyek konstruksi yang sering kali kurang mendapat perhatian dalam kurikulum pendidikan teknik sipil. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sejauh mana kebutuhan dan urgensi pembelajaran administrasi proyek bagi mahasiswa teknik sipil, berdasarkan data survei terhadap 55 responden dari berbagai latar belakang. Survei ini mengukur persepsi tentang pentingnya aplikasi perangkat lunak teknik, tingkat penguasaan keterampilan administratif, serta kendala dalam pengembangan kemampuan proyek. Hasil menunjukkan bahwa sebagian besar responden menganggap pembelajaran administrasi proyek sangat penting, namun masih menghadapi kendala penguasaan *software* dan manajemen proyek yang efektif. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pembelajaran administrasi proyek harus menjadi bagian integral dalam kurikulum teknik sipil untuk menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik di lapangan.

**KATA KUNCI:** Administrasi Proyek; Pendidikan Teknik Sipil; Manajemen Konstruksi; Survei; *Software* Teknik

### 1 PENGANTAR

Industri konstruksi modern menuntut optimalisasi kinerja melalui kecepatan, efisiensi, dan ketepatan dalam setiap fase pelaksanaan proyek. Pencapaian tujuan tersebut tidak hanya bergantung pada kompetensi teknis semata, melainkan juga pada kemampuan dalam mengelola sumber daya, penjadwalan kegiatan, serta administrasi dokumen proyek secara sistematis dan profesional. Administrasi proyek merupakan komponen fundamental dalam menjamin keberhasilan pelaksanaan proyek karena berperan langsung dalam pengendalian biaya, waktu, dan mutu [1].

Namun demikian, kondisi empiris di lapangan menunjukkan bahwa sebagian besar lulusan program studi teknik sipil masih belum memiliki kesiapan yang memadai dalam menghadapi aspek administratif proyek. Hal ini disebabkan oleh kecenderungan kurikulum yang lebih menitikberatkan pada penguasaan aspek teoritis dan analitis struktural, seperti mekanika teknik dan analisis beban, dibandingkan dengan aspek manajerial dan administratif [2]. Oleh karena itu, integrasi antara kemampuan teknis dan administratif dalam kurikulum teknik sipil menjadi

kebutuhan strategis yang mendesak guna meningkatkan daya saing lulusan di dunia kerja yang semakin kompleks dan dinamis.

### 2 METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif yang bertujuan untuk memperoleh gambaran umum terkait urgensi pembelajaran administrasi proyek di kalangan sivitas akademika dan praktisi konstruksi. Instrumen penelitian berupa kuesioner daring yang disusun melalui *platform Google Form* dan terdiri atas pertanyaan tertutup dengan skala nominal dan ordinal.

Populasi dalam penelitian ini meliputi individu yang memiliki keterkaitan langsung maupun tidak langsung dengan bidang teknik sipil. Sebanyak 55 responden berhasil dikumpulkan dengan metode *non-probability sampling* melalui teknik *purposive sampling*, yang terdiri dari mahasiswa, *engineer* pemula, *engineer* berpengalaman, dan masyarakat umum yang relevan.

Kuesioner dirancang mencakup empat variabel utama, yaitu: a) Tingkat persepsi terhadap pentingnya penggunaan aplikasi teknik; b) Kendala dalam pengembangan

keterampilan teknis dan administratif; c) Frekuensi penggunaan perangkat lunak teknik (AutoCAD dan SAP2000); d) Status atau latar belakang profesi responden.

Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan disajikan dalam bentuk grafik untuk memudahkan interpretasi terhadap pola distribusi jawaban.



Gambar 1 Poster Survei kepada Calon Konsumen



Gambar 2 Link Google Form untuk Survey

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

**Tingkat Kepentingan Penggunaan Aplikasi Teknik.** Berdasarkan hasil survei, lebih dari 72% responden menyatakan bahwa penggunaan perangkat lunak teknik seperti AutoCAD dan SAP2000 memiliki tingkat kepentingan yang sangat tinggi dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Temuan ini menunjukkan bahwa keterampilan dalam pengoperasian perangkat lunak teknis telah menjadi kompetensi dasar yang wajib dimiliki oleh lulusan teknik sipil. Penguasaan perangkat lunak teknik

merupakan syarat minimum yang harus dimiliki oleh *engineer* yang terlibat dalam proyek-proyek infrastruktur modern [3]. Kebutuhan ini dipicu oleh meningkatnya kompleksitas desain dan perlunya efisiensi dalam dokumentasi teknis serta pelaporan proyek.



Gambar 3 Grafik Pentingnya Penggunaan Aplikasi

Hal ini menunjukkan bahwa pendidikan teknik sipil tidak lagi cukup jika hanya berfokus pada teori dan perhitungan manual. Mahasiswa harus dibekali dengan keterampilan praktis yang sesuai dengan perkembangan teknologi industri saat ini. Penggunaan perangkat lunak teknik tidak hanya mempercepat proses kerja, tetapi juga meningkatkan akurasi dan profesionalisme dalam penyusunan gambar dan laporan proyek. Oleh karena itu, menurut saya, kemampuan mengoperasikan perangkat lunak teknik seperti AutoCAD dan SAP2000 seharusnya dijadikan bagian inti dari kurikulum dan dilatihkan secara intensif melalui pendekatan berbasis proyek agar mahasiswa siap menghadapi tuntutan dunia kerja.

**Kendala dalam Pengembangan Keterampilan.** Hasil survei menunjukkan bahwa kendala paling dominan yang dihadapi oleh responden adalah kesulitan dalam penguasaan perangkat lunak teknik (31%), disusul oleh kurangnya pemahaman mengenai administrasi proyek (20%). Hal ini mengindikasikan adanya ketimpangan antara tuntutan kompetensi industri dan capaian pembelajaran yang diberikan dalam kurikulum pendidikan teknik sipil saat ini. Menurut Morisco [4], penguasaan keterampilan administratif dan penggunaan

software teknik seharusnya dibangun secara paralel, karena keduanya saling melengkapi dalam proses pengambilan keputusan teknis dan manajerial pada proyek konstruksi.



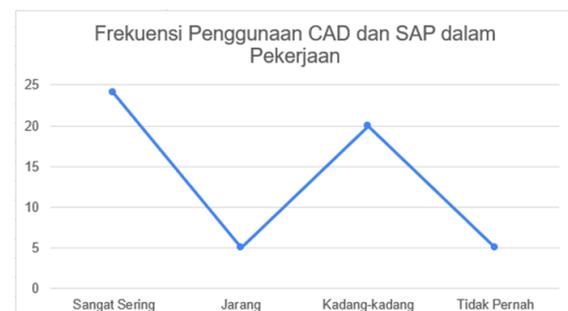
**Gambar 4 Grafik Kendala dan Pengembangan Keterampilan**

untuk menguasai aspek teknis, seperti perancangan dan analisis struktur, tetapi juga harus cakap dalam mengelola administrasi proyek, mulai dari perencanaan, penganggaran, hingga pengendalian jadwal dan sumber daya. Namun, implementasi kurikulum di banyak perguruan tinggi masih cenderung menitikberatkan pada teori dan belum sepenuhnya membekali mahasiswa dengan keterampilan praktis, khususnya dalam penggunaan perangkat lunak teknik yang kini menjadi standar di industri, seperti AutoCAD, Revit, atau ETABS.

Transisi dari metode manual ke digital memang tidak mudah, apalagi jika mahasiswa kurang mendapatkan pengalaman langsung atau pembelajaran yang bersifat interaktif. Padahal, pengalaman praktis sangat penting untuk membangun kepercayaan diri dan kemampuan adaptasi terhadap perkembangan teknologi di dunia kerja. Selain itu, kemampuan administrasi proyek juga seringkali dianggap sebagai pelengkap, padahal perannya sangat vital dalam memastikan kelancaran dan keberhasilan sebuah proyek konstruksi.

Oleh karena itu, sudah saatnya perguruan tinggi melakukan penyesuaian dalam metode pembelajaran. Integrasi antara pembelajaran teknis dan manajerial perlu

diperkuat, misalnya melalui pembelajaran berbasis proyek, kolaborasi lintas disiplin, serta pelatihan penggunaan perangkat lunak teknik secara rutin. Dengan demikian, mahasiswa tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu menerapkannya secara langsung sesuai dengan tuntutan industri. Dengan membekali mahasiswa secara seimbang antara keterampilan teknis dan manajerial, lulusan teknik sipil diharapkan mampu menjadi tenaga profesional yang siap bersaing dan berkontribusi secara optimal dalam industri konstruksi yang semakin dinamis.



**Gambar 5 Frekuensi Penggunaan CAD dan SAP dalam Pekerjaan**

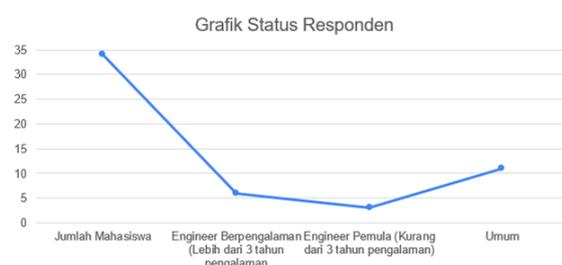
Penggunaan perangkat lunak teknik seperti AutoCAD dan SAP2000 merupakan kompetensi penting yang harus dikuasai oleh mahasiswa dan lulusan teknik sipil guna memenuhi tuntutan industri konstruksi yang semakin kompleks dan berbasis teknologi. Namun, data menunjukkan bahwa masih terdapat variasi signifikan dalam frekuensi penggunaan perangkat lunak tersebut, yang mencerminkan adanya kesenjangan kompetensi teknologi di kalangan akademisi dan profesional muda. Kondisi ini mengindikasikan perlunya pendekatan pembelajaran yang lebih efektif dan kontekstual.

Integrasi pembelajaran perangkat lunak teknik melalui metode *project-based learning* merupakan strategi yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut. Dengan pendekatan ini, mahasiswa tidak hanya memperoleh pemahaman teoritis mengenai penggunaan *software*, tetapi juga mampu mengaplikasikannya secara langsung dalam konteks administrasi dan

manajemen proyek yang nyata dan kompleks. Hal ini akan meningkatkan keterampilan teknis sekaligus kemampuan manajerial mahasiswa, sehingga mereka lebih siap menghadapi tantangan di dunia kerja.

Oleh karena itu, institusi pendidikan perlu mengoptimalkan kurikulum dan metode pembelajaran dengan menekankan pengembangan keterampilan praktis melalui proyek-proyek yang relevan dan aplikatif. Dengan demikian, gap kompetensi teknologi dapat diminimalkan dan lulusan teknik sipil dapat memberikan kontribusi yang lebih signifikan dalam industri konstruksi yang terus berkembang.

**Profil Responden Berdasarkan Status Profesi.** Distribusi responden menunjukkan bahwa mayoritas (62%) merupakan mahasiswa aktif, sementara sisanya terdiri dari *engineer* pemula, *engineer* berpengalaman, dan masyarakat umum. Dominasi responden dari kalangan mahasiswa memberikan gambaran bahwa data ini merepresentasikan kebutuhan aktual pembelajaran pada level pendidikan tinggi teknik sipil. Namun demikian, partisipasi dari kalangan profesional turut memperkuat validitas temuan bahwa kemampuan administrasi proyek merupakan keterampilan aplikatif yang harus dikembangkan sejak tahap pendidikan formal, bukan hanya ketika individu telah terjun ke dunia kerja [5].



Gambar 6 Status Responded

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil survei yang dilakukan, terdapat kebutuhan yang jelas dan mendesak bagi mahasiswa teknik sipil untuk mendapatkan pembelajaran yang lebih komprehensif mengenai administrasi

proyek. Hal ini didukung oleh beberapa temuan penting:

a) Tingkat kepentingan penggunaan perangkat lunak teknik yang tinggi (lebih dari 72% responden menilai sangat penting) menegaskan bahwa penguasaan teknologi bukan hanya aspek teknis, tetapi juga bagian integral dari manajemen proyek konstruksi modern. Oleh karena itu, pembelajaran administrasi proyek harus mengintegrasikan penggunaan perangkat lunak seperti AutoCAD dan SAP2000 agar mahasiswa mampu menjalankan tugas manajerial dan teknis secara simultan.

b) Kendala utama yang dihadapi adalah kesulitan dalam penguasaan *software* teknik (31%) dan kurangnya pemahaman administrasi proyek (20%), yang menunjukkan ketidakseimbangan antara kebutuhan industri dengan capaian pembelajaran saat ini. Hal ini menuntut kurikulum yang lebih terstruktur dan aplikatif, sehingga mahasiswa tidak hanya memahami konsep teori, tapi juga mampu mengimplementasikan administrasi proyek secara efektif.

c) Frekuensi penggunaan perangkat lunak teknik yang bervariasi antar mahasiswa menunjukkan adanya gap kompetensi yang signifikan. Pembelajaran yang berbasis proyek (*project-based learning*) dapat menjadi solusi efektif untuk mengatasi kesenjangan ini, dengan memberi pengalaman nyata dalam pengelolaan proyek konstruksi yang melibatkan perangkat lunak dan administrasi secara terpadu.

d) Mayoritas responden adalah mahasiswa aktif (62%) yang merupakan calon tenaga kerja konstruksi masa depan. Hal ini memperkuat pentingnya mengembangkan program pembelajaran administrasi proyek yang relevan dan aplikatif dalam konteks dunia kerja, sehingga mereka siap menghadapi tuntutan profesional di lapangan.

Dengan demikian, analisis data survei ini menggarisbawahi bahwa pengembangan

pembelajaran administrasi proyek yang menggabungkan aspek teknis dan manajerial sangat diperlukan untuk mempersiapkan mahasiswa teknik sipil menghadapi dunia kerja konstruksi yang semakin kompleks dan kompetitif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Arifin, "Integrasi Pembelajaran Perangkat Lunak Teknik dalam Project-Based Learning untuk Mahasiswa Teknik Sipil," *Jurnal Pendidikan Teknik Sipil*, vol. 12, no. 3, pp. 45-53, 2019.
- [2] A. Morisco, "Pengembangan Keterampilan Administratif dan Penggunaan Software Teknik Pada Pendidikan Teknik Sipil," *Jurnal Teknik dan Manajemen Proyek*, vol. 7, no. 2, pp. 101-110, 1999.
- [3] T. Wijaya, "Peran Penguasaan Perangkat Lunak Teknik dalam Pembangunan Infrastruktur Modern," *Jurnal Rekayasa Sipil*, vol. 20, no. 1, pp. 25-33, 2021.
- [4] A. Morisco, *Kurikulum Teknik Sipil: Antara Teori dan Praktik Administrasi Proyek*, Bandung: Teknik Press, 2005.
- [5] D. Siregar, R. Putra and L. Hasanah, "Pengembangan Kompensi Administrasi Proyek pada Mahasiswa Teknik Sipil Melalui Pembelajaran Aplikatif," in *Seminar Nasional Teknik Sipil 2024*, 2024.





## Karakteristik Tanah Berdasarkan Data Sondir Pada Perencanaan Saluran Di Kawasan Huntap Pombewe Kabupaten Sigi

Fiisyatin Rodiah<sup>\*1</sup>, Sri Warliawati<sup>1</sup>, Hardiyanti Sarika<sup>1</sup>, Rizki Amaliah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu, Jalan Soekarno Hatta

\*Penulis korespondensi: fiisyatinrodiah@untad.ac.id

DISUBMIT 20 Mei 2025

DIREVISI 16 Juni 2025

DITERIMA 19 Juni 2025

**ABSTRAK** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik tanah berdasarkan data *Cone Penetration Test* (CPT) sebagai dasar perencanaan saluran di kawasan Huntap Pombewe, Kabupaten Sigi. Data diperoleh dari tiga titik uji sondir (S08, S09, dan S10) dan dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Parameter utama seperti *cone resistance* ( $qc$ ) dan *sleeve friction* ( $fs$ ) digunakan untuk mengidentifikasi jenis tanah, kedalaman lapisan keras, serta stabilitas tanah permukaan. Hasil menunjukkan bahwa lapisan tanah keras ditemukan pada kedalaman 3,00–4,20 meter, sedangkan tanah permukaan umumnya tergolong lunak hingga sedang. Kondisi ini mengindikasikan perlunya tindakan stabilisasi, penguatan lereng galian, serta desain saluran yang memperhatikan risiko rembesan dan kelongsoran. Implikasi teknis dari karakteristik tanah ini mencakup penggunaan saluran tipe tertutup dan pemasangan struktur pendukung seperti *sheet pile* atau dinding penahan pada titik-titik dengan tanah lunak dominan. Kajian ini menegaskan pentingnya integrasi data geoteknik dalam mendukung perencanaan infrastruktur yang aman dan berkelanjutan.

**KATA KUNCI:** Karakteristik Tanah; *Cone Penetration Test* (CPT); Perencanaan Saluran.

### 1 PENGANTAR

Analisis karakteristik tanah menggunakan data sondir sangat krusial dalam perencanaan infrastruktur, termasuk pembangunan saluran, khususnya di kawasan seperti Huntap Pombewe, Kabupaten Sigi. *Cone Penetration Testing* (CPT) atau uji sondir memberikan gambaran mendetail tentang kondisi bawah permukaan tanah, yang penting untuk memastikan desain saluran yang aman, stabil, dan sesuai dengan daya dukung tanah di lokasi proyek.

Metode sondir membantu dalam memahami sifat fisik dan mekanik tanah seperti kekuatan geser dan kompresibilitas yang sangat memengaruhi pilihan teknik konstruksi saluran, terutama dalam mengantisipasi penurunan tanah dan kestabilan struktur. Selain itu, integrasi data sondir dengan pendekatan geoteknik dan geofisika lainnya dapat meningkatkan akurasi pemetaan tanah dan mempermudah perencanaan teknis di lapangan.

Pengujian ini juga sangat berguna untuk menilai kekuatan dan stabilitas tanah sebagai dasar dalam menentukan dimensi,

kedalaman galian, serta kebutuhan pondasi lokal pada saluran. Selain itu, data sondir dapat mengidentifikasi variasi lapisan tanah, seperti adanya lapisan lunak, batuan, atau perubahan geologis, yang dapat memengaruhi perilaku saluran dalam jangka panjang [1]. Dalam konteks kawasan rawan gempa seperti Sigi, data sondir juga dapat mendukung perhitungan pengaruh beban gempa terhadap kestabilan tanah dan struktur saluran, mengingat distribusi beban gempa bisa bervariasi pada bagian struktur yang berbeda [2].

Lebih lanjut, pemetaan stratigrafi tanah berdasarkan lapisan geoteknik dari hasil sondir memungkinkan penilaian karakteristik tanah yang lebih rinci. Informasi ini penting untuk mengetahui sejauh mana tanah mampu menopang beban struktur saluran, serta untuk meminimalkan risiko penurunan atau kerusakan akibat perubahan sifat tanah [3].

Integrasi data sondir dengan metode geofisika seperti *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) juga dapat memberikan gambaran tiga dimensi terhadap kondisi bawah tanah, sehingga lebih tepat dalam menentukan perlakuan tanah atau pilihan

desain saluran yang sesuai. Kombinasi pendekatan ini mempermudah identifikasi lapisan-lapisan lemah dan memungkinkan perencanaan lebih akurat, termasuk penerapan pondasi dangkal atau penguatan tanah lokal jika dibutuhkan [4]. Selain itu, teknik interpolasi spasial seperti Kriging dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan peta distribusi parameter geoteknik secara dua dimensi, sehingga membantu visualisasi dan keputusan desain [3].

Namun, tantangan tetap ada. Kompleksitas proses sedimentasi tanah, baik karena faktor alamiah maupun aktivitas manusia, dapat menyebabkan perbedaan sifat tanah dalam skala mikro, sehingga interpretasi data harus mempertimbangkan banyak faktor agar desain saluran tidak mengalami kegagalan struktural [5]. Sifat-sifat seperti permeabilitas dan kondisi rembesan air tanah juga harus diperhitungkan, karena dapat memengaruhi kestabilan galian saluran dan risiko keruntuhan dinding tanah. Oleh karena itu, penting untuk menggabungkan data sondir dengan pengamatan rembesan serta pengujian tambahan seperti boring tangan dan uji laboratorium [6].

Pendekatan terpadu semacam ini sangat penting untuk memastikan bahwa saluran yang dirancang tidak hanya sesuai dengan kebutuhan teknis, tetapi juga mampu bertahan dalam kondisi geoteknik yang kompleks di kawasan Huntap Pombewe. Dengan memahami kondisi tanah secara menyeluruh, risiko teknis dalam konstruksi saluran dapat diminimalkan, sehingga menjamin keberlanjutan dan keamanan infrastruktur yang dibangun.

## 2 METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan memanfaatkan data hasil uji *Cone Penetration Test* (CPT) atau sondir dari 3 titik lokasi yang direncanakan untuk pembangunan saluran di kawasan Huntap Pombewe, Kabupaten Sigi.

**Lokasi dan Data.** Penelitian dilakukan di kawasan Hunian Tetap (Huntap) Pombewe, yang termasuk dalam wilayah Kabupaten Sigi, Sulawesi Tengah. Lokasi fokus berada pada 3 titik pengujian sondir (S08, S09, dan S10) yang telah ditentukan untuk kebutuhan perencanaan saluran air di lingkungan hunian tersebut. Data primer yang digunakan berupa hasil uji sondir (CPT) dengan parameter  $qc$  (*cone resistance*) dan  $fs$  (*friction sleeve*).



Gambar 1 Lokasi Pengujian Sondir Perencanaan Infrastruktur Kawasan Huntap Pombewe

**Tahapan Penelitian.** **Pengumpulan Data,** Mengambil data hasil sondir (nilai  $qc$  dan  $fs$ ) dari tiga titik lokasi yang telah ditentukan. **Interpretasi Data,** Menentukan jenis tanah berdasarkan grafik Robertson, kedalaman lapisan, dan parameter geoteknik seperti kekuatan geser tanah dan konsistensi tanah. **Analisis Kesesuaian,** Mengevaluasi kecocokan karakteristik tanah terhadap kebutuhan teknis saluran, termasuk kedalaman galian, stabilitas, dan potensi rembesan. **Penyajian Data,** Data disajikan dalam bentuk grafik profil tanah dan tabel parameter tiap kedalaman.

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

**Deskripsi Lokasi Titik Sondir.** Pengujian sondir dilakukan di tiga titik (S8, S9, dan S10) pada Kawasan Huntap Pombewe untuk mendukung perencanaan saluran drainase.

Tabel 1 Data Sondir untuk Titik S08, S09 dan S10 ( $qc$ ) dan ( $fs$ )

Kedalaman (m)	S08		S09		S10	
	$qc$	$fs$	$qc$	$fs$	$qc$	$fs$
	(kg/cm <sup>2</sup> )					
0	12,13	0,34	15,17	0,41	28,31	0,48
0,2	17,19	0,34	21,23	0,41	42,46	0,48
0,4	25,28	0,48	12,13	0,34	55,61	0,54
0,6	12,13	0,34	15,17	0,41	28,31	0,48
0,8	21,23	0,41	25,28	0,48	35,39	0,48
1	32,35	0,54	32,35	0,54	48,53	0,48
1,2	45,5	0,54	48,53	0,48	60,66	0,54
1,4	25,28	0,48	25,28	0,48	68,75	0,61
1,6	32,35	0,54	25,28	0,48	75,83	0,61
1,8	40,44	0,54	37,41	0,54	97,06	0,61
2	52,57	0,54	50,55	0,54	116,27	0,88
2,2	48,53	0,48	62,68	0,68	137,5	0,88
2,4	55,61	0,54	75,83	0,54	156,71	0,88
2,6	68,75	0,54	103,12	0,68	194,11	1,02
2,8	78,86	0,61	113,23	0,88	220,4	1,16
3	82,9	0,68	129,41	0,88	252,75	0,34
3,2	106,16	0,82	147,61	0,95		
3,4	116,27	0,88	184	0,95		
3,6	139,52	0,95	212,31	1,02		
3,8	179,96	1,02	252,75	0,34		
4	217,37	1,16				
4,2	252,75	0,34				

**Titik S8:** Berada di koordinat -0.984854 LS, 119.93795 BT dengan kedalaman 4,20 m. Lokasi ini mewakili bagian hulu saluran. **Titik**

**S9:** Terletak di koordinat -0.98522 LS, 119.93673 BT, juga sedalam 4,20 m. Titik ini berada di bagian tengah trase saluran. **Titik**

**S10:** Berada di koordinat -0.98591 LS, 119.93415 BT, dengan kedalaman 3,40 m. Titik ini mewakili bagian hilir saluran. Pengujian dilakukan pada tanggal 22 Februari 2022, dan hasilnya digunakan untuk mengetahui karakteristik tanah serta menentukan jenis pondasi saluran yang sesuai.

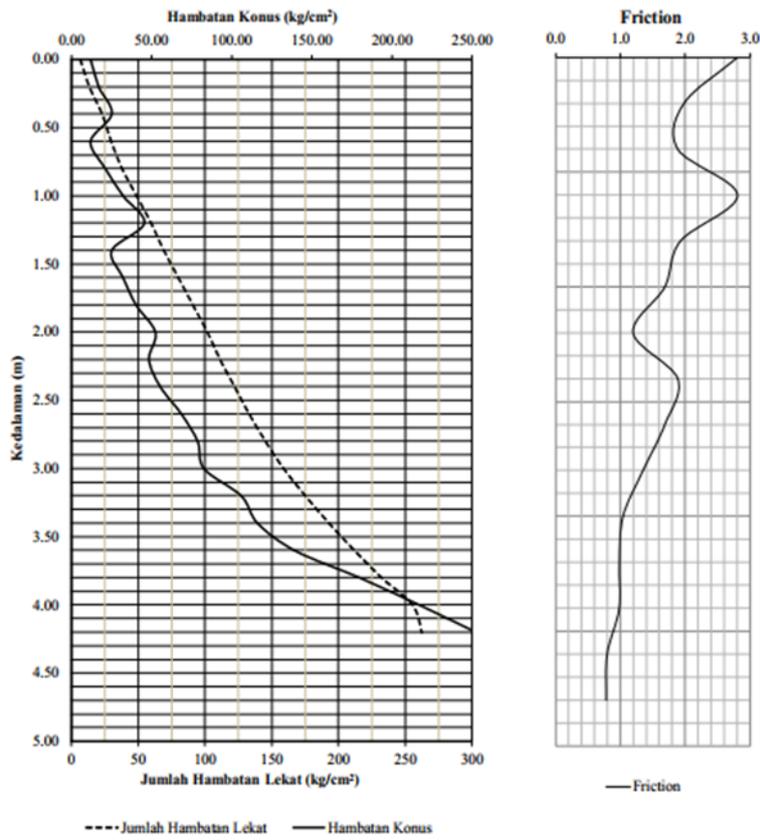
### Analisis Daya Dukung Tanah

Berdasarkan hasil pengujian sondir pada Tabel 1, diketahui bahwa lapisan tanah keras pada titik S08 mulai ditemukan pada kedalaman sekitar 4,20 meter, ditandai dengan nilai *cone resistance* ( $qc$ ) yang mencapai  $>250 \text{ kg/cm}^2$ . Pada titik S09, lapisan tanah keras teridentifikasi pada kedalaman yang lebih dangkal, yaitu sekitar 3,80 meter, dengan nilai  $qc$  yang juga  $>250 \text{ kg/cm}^2$ . Sementara itu, di titik S10, lapisan

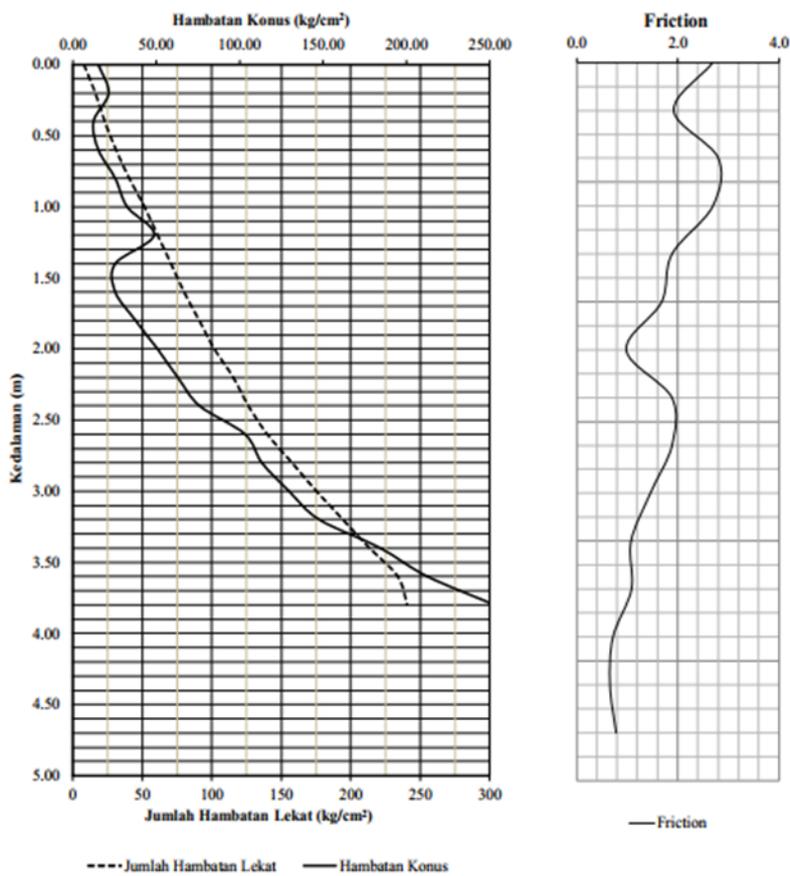
tanah keras muncul paling dangkal di antara ketiganya, yakni pada kedalaman sekitar 3,00 meter, dengan pembacaan  $qc$  yang  $>250 \text{ kg/cm}^2$ .

**Profil Tanah Titik S08.** Lapisan tanah pada titik S08 menunjukkan karakteristik tanah lunak hingga kedalaman  $\pm 2$  meter. Hal ini ditunjukkan oleh nilai  $qc$  yang rendah (sekitar  $12\text{--}40 \text{ kg/cm}^2$ ) serta nilai  $fs$  yang juga rendah (sekitar  $0,34\text{--}0,54 \text{ kg/cm}^2$ ), yang mengindikasikan adanya lapisan lempung atau lanau lunak di permukaan. Mulai dari kedalaman  $\pm 2$  meter hingga 4,2 meter, nilai  $qc$  meningkat tajam hingga mencapai  $252,75 \text{ kg/cm}^2$ , dan  $fs$  juga bertambah hingga lebih dari  $1,0 \text{ kg/cm}^2$ . Kenaikan ini menunjukkan adanya lapisan tanah yang sangat padat atau keras, kemungkinan berupa pasir padat atau tanah yang telah mengalami konsolidasi tinggi. Lapisan ini sangat potensial untuk digunakan sebagai dukungan pondasi tiang.

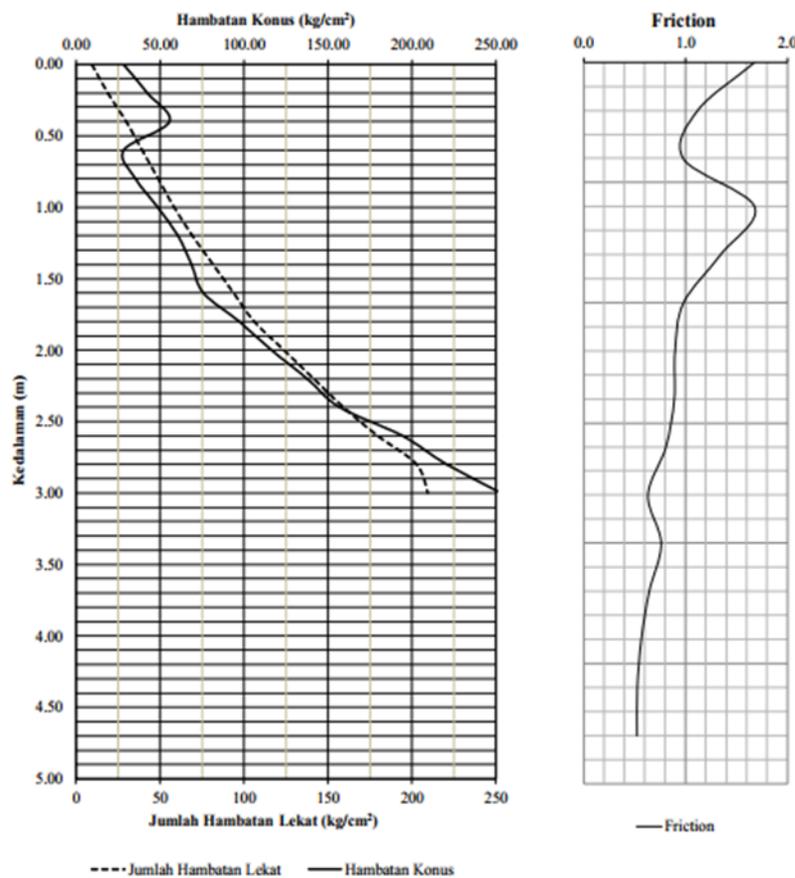
**Profil Tanah Titik S09.** Pada titik S09, tanah bagian atas hingga kedalaman sekitar 1,8 meter didominasi oleh lapisan lunak hingga



Gambar 2 Grafik Pengujian Sondir pada Titik S08



Gambar 3 Pengujian Sondir pada Titik S09



Gambar 4 Pengujian Sondir pada Titik S10

sedang, dengan nilai  $q_c$  antara 12–50  $\text{kg/cm}^2$  dan  $f_s$  umumnya di bawah 0,5  $\text{kg/cm}^2$ . Setelah itu, mulai dari kedalaman sekitar 2 meter hingga 4 meter, terjadi peningkatan  $q_c$  dan  $f_s$  yang signifikan. Nilai  $q_c$  mencapai lebih dari 250  $\text{kg/cm}^2$  dan  $f_s$  mencapai di atas 1,0  $\text{kg/cm}^2$ , menandakan adanya lapisan tanah keras atau sangat padat. Konsistensi lapisan tanah keras pada titik ini cukup stabil dan dimulai pada kedalaman yang relatif lebih dangkal dibanding titik S08, sehingga sangat baik untuk mendukung pondasi tiang dengan kedalaman efisien.

**Profil Tanah Titik S10.** Titik ini menunjukkan kondisi tanah permukaan yang sedikit lebih padat dibanding titik lainnya. Dari permukaan hingga kedalaman 1,4 meter, nilai  $q_c$  berkisar antara 28–68  $\text{kg/cm}^2$  dan  $f_s$  antara 0,48–0,61  $\text{kg/cm}^2$ , mengindikasikan tanah lunak ke sedang. Mulai dari kedalaman 1,6 meter, nilai  $q_c$  meningkat sangat tajam hingga mencapai 252,75  $\text{kg/cm}^2$  pada kedalaman 3 meter, dengan

nilai  $f_s$  yang juga tinggi (hingga 1,16  $\text{kg/cm}^2$ ). Ini menunjukkan adanya lapisan tanah keras pada kedalaman yang relatif dangkal. Kondisi ini menguntungkan dari sisi teknis dan ekonomis karena memungkinkan penggunaan pondasi tiang dengan panjang yang lebih pendek.

**Analisis Kesesuaian Tanah untuk Perencanaan Saluran.** Berdasarkan data sondir di titik S08, S09, dan S10, dilakukan analisis terhadap kondisi tanah permukaan dan kedalamannya terkait kestabilan galian saluran, potensi rembesan, serta kebutuhan penguatan struktur.

**Stabilitas Tanah untuk Galian Saluran.** Pada ketiga titik uji, kondisi tanah permukaan hingga kedalaman  $\pm 2$  meter umumnya terdiri dari lapisan lunak hingga sedang, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai  $q_c$  rendah ( $< 50 \text{ kg/cm}^2$ ) dan nilai  $f_s < 0,5 \text{ kg/cm}^2$ . Kondisi ini mengindikasikan bahwa tanah permukaan belum cukup stabil untuk

galian terbuka tanpa dukungan, terutama jika kedalaman galian melebihi 1,5 meter. Oleh karena itu, untuk galian saluran terbuka, diperlukan tindakan pengamanan lereng galian guna mencegah kelongsoran.

**Indikasi Tanah Lunak dan Perlunya Stabilisasi.** Lapisan lunak cukup jelas terlihat pada kedalaman awal di titik S08 dan S09, bahkan di S10 meskipun lebih padat. Jika saluran direncanakan pada kedalaman <2 meter, perlu dilakukan evaluasi terhadap daya dukung lateral tanah dan kemungkinan penurunan (*settlement*). Pada lokasi dengan dominasi lempung atau lanau lunak, stabilisasi tanah menggunakan teknik perkuatan (misalnya geotekstil, campuran semen-kapur, atau metode *preloading*) perlu dipertimbangkan untuk mencegah deformasi pada struktur saluran.

**Risiko Rembesan Air dan Kelongsoran.** Lapisan lempung atau lanau lunak juga berisiko terhadap rembesan air lateral terutama pada musim hujan atau jika saluran membawa air secara terus menerus. Risiko kelongsoran dinding galian dapat meningkat pada kondisi jenuh. Oleh karena itu, perlu analisis tambahan terhadap permeabilitas tanah. Apabila permeabilitas tergolong tinggi, perlu dilakukan desain saluran kedap air (*lining*) serta pengendalian muka air tanah (*dewatering*) selama konstruksi.

**Kebutuhan Penguatan Struktural.** Melihat adanya lapisan keras mulai dari kedalaman 2–3 meter pada seluruh titik, penggunaan saluran bertipe tertutup (*box culvert*) atau pemasangan *sheet pile* sebagai penahan sementara pada saat penggalian dalam bisa menjadi solusi. Penggunaan *sheet pile* lebih direkomendasikan pada titik S08 yang memiliki tanah lunak cukup tebal. Selain itu, pada lokasi yang sangat dekat dengan beban bangunan atau jalan, perlu dilakukan penguatan permanen seperti dinding penahan atau saluran beton bertulang.

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data sondir di kawasan Huntap Pombewe, diketahui

bahwa kondisi tanah pada ketiga titik pengujian umumnya didominasi oleh lapisan tanah lunak di kedalaman permukaan hingga sekitar 2 meter, yang ditunjukkan oleh nilai *cone resistance* ( $qc$ ) dan *sleeve friction* ( $fs$ ) yang rendah. Di bawah kedalaman tersebut, terdapat lapisan tanah keras atau sangat padat dengan nilai  $qc > 250 \text{ kg/cm}^2$  dan  $fs > 1,0 \text{ kg/cm}^2$ , yang menunjukkan daya dukung tanah yang baik. Implikasinya terhadap perencanaan saluran adalah perlunya perhatian terhadap stabilitas galian pada lapisan tanah lunak, terutama pada musim hujan. Untuk titik dengan lapisan lunak tebal, seperti S08 dan S09, dapat dipertimbangkan penggunaan perkuatan seperti *sheet pile* atau saluran tertutup. Sementara itu, titik S10 menunjukkan kondisi tanah yang lebih stabil pada kedalaman dangkal, sehingga lebih menguntungkan secara teknis dan ekonomis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. G. Buyang and M. R. Ayal, "Pengujian Cone Penetration Test (SONDIR), di Gereja MRII Kota Ambon," *ABDIKAN*, vol. 3, no. 2, pp. 104-111, 2024.
- [2] Paikun, D. F. Fitrullatif, D. Gustaman, M. Hidayat, A. Nauval and Marwahyudi, "Building Equivalent Static Earthquake Loading Based on RSA Soil Data and Sondir," in *2022 IEEE 8th International Conference on Computing, Engineering and Design (ICCED)*, Sukabumi, 2022.
- [3] T. Olinic, E. D. Olinic, I. Boti and I. A. Ciocaniu, "The Role of Spatial Distribution of Geotechnical Soil," *Studia Geotechnica et Mechanica*, vol. 46, no. 3, pp. 1-14, 2024.
- [4] K. D. Oyeyemi, A. P. Aizebeokhai, T. A. Adagunodo, O. M. Olofinnade, O. A. Sanuade and A. A. Olajo, "Subsoil Characterization Using geoelectrical and Geotechnical investigations: Implications For foundation Studies," *International Journal of Civil Engineering and Technology*, vol. 8, no. 10, pp. 302-314, 2017.
- [5] P. Kashperyuk, A. Lavrusevich and A. M. Martynov, "To the Issue of Consideration the Sediment of Foundation Soil as a Multifactorial Anthropogenic Geological Process," in *XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022"*, 2023.
- [6] J. Xinliang and Z. Jinhui, "Analysis of Seepage Characteristics of Foundation Pit Under Different Soil Conditions," *Journal of Tianjin University*, vol. 39, no. 11, pp. 1299-1304, 2006.



## Analisis Komponen Biaya SMKK pada Proyek Konstruksi di Sulawesi Tengah Berdasarkan Permen PUPR No. 10 Tahun 2021

Lilis Deviana<sup>\*1</sup>, Nirmalawati<sup>1</sup>, Arief Setiawan<sup>1</sup>, Sri Nur Akifa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu, Jalan Soekarno Hatta

\*Penulis korespondensi: fiisyatinrodiah@untad.ac.id

DISUBMIT 29 Mei 2025

DIREVISI 16 Juni 2025

DITERIMA 19 Juni 2025

**ABSTRAK** Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) pada dasarnya harus diterapkan dalam setiap proyek konstruksi. Dalam penerapan SMKK tentunya akan membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komponen biaya SMKK terhadap nilai proyek konstruksi. Jenis penelitian ini merupakan penelitian studi kasus pada enam proyek perencanaan di Sulawesi Tengah. Alokasi biaya yang ditinjau berdasarkan Permen PUPR No. 10 Tahun 2021 adalah sebanyak 9 komponen biaya yaitu (1) penyusunan RK3K; (2) sosialisasi, promosi dan pelatihan K3; (3) alat pelindung diri dan alat pelindung kerja; (4) asuransi dan perizinan; (5) personel K3; (6) fasilitas kesehatan; (7) rambu-rambu; (8) konsultasi dengan ahli terkait; dan (9) kegiatan dan peralatan yang terkait dengan pengendalian risiko keselamatan konstruksi. Hasil penelitian pada ke-enam proyek studi kasus di atas menunjukkan bahwa masing-masing proyek memiliki alokasi biaya SMKK terhadap nilai proyek sebesar 19,43%; 9,59%; 16,84%; 11,94%; 5,80%; dan 0,78% dan alokasi biaya SMKK terbesar pada komposisi penyediaan personel keselamatan konstruksi. Persentase di atas menunjukkan bahwa keenam proyek konstruksi tersebut memiliki nilai alokasi biaya SMKK yang tidak jauh berbeda meskipun jenis dan risiko keselamatan konstruksi yang berbeda. Hal ini dikarenakan pada Permen PUPR No. 10 Tahun 2021 belum ditetapkan nilai pasti untuk penerapan biaya SMKK pada proyek konstruksi.

**KATA KUNCI:** Biaya SMKK; Proyek Konstruksi; PERMEN PUPR No.10 Tahun 2021

### 1 PENGANTAR

Kecelakaan kerja baik besar maupun kecil tetap akan menimbulkan efek kerugian. Untuk mengurangi tingginya tingkat kecelakaan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, maka diperlukan suatu sistem yang mengatur agar proses pekerjaan konstruksi dapat dilaksanakan dengan baik. Pemerintah Indonesia melalui Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat baru-baru ini mengeluarkan peraturan Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK). Kecelakaan kerja yang terjadi dapat disebabkan karena kurangnya perencanaan dan pelaksanaan SMKK. Dalam penerapan SMKK tentunya memerlukan biaya yang perlu diperhitungkan antara penyedia jasa dan pengguna jasa. Biaya penerapan SMKK tersebut harus di tuang di dalam kontrak proyek konstruksi. Dalam rangka meminimalisir biaya yang harus dikeluarkan, maka perlu dilakukan tingkat pencegahan terhadap kecelakaan kerja yang mungkin saja akan terjadi dimana dalam

tindak pencegahan tentunya akan menimbulkan biaya yang harus dikeluarkan. Penelitian yang dilakukan oleh Widhiawati (2021) menunjukkan bahwa komponen biaya SMKK pada proyek Pembangunan ruang perawatan tahap I RSUD Payangan sebesar 3,30% terhadap nilai proyek [1]. Selain dari pada itu penelitian yang dilakukan oleh Fauzi menunjukkan bahwa biaya pelaksanaan SMKK sebesar 0,93% dari nilai proyek yang dikerjakan [2].

### 2 METODOLOGI

Deskripsi Penelitian. Jenis penelitian ini adalah studi literatur. Penelitian ini berlokasi pada proyek perencanaan yang ditangani oleh Balai Pelaksanaan Jalan Nasional (BPJN) Sulawesi Tengah seperti pada tabel di bawah ini. Teknik analisis data yang digunakan adalah statistik deskriptif dimana menganalisis data dengan mendeskripsikan data tanpa mengubah sumbernya. Penyajian data disajikan dalam bentuk tabel, bagan, grafik dan sebagainya. Waktu

Tabel 1 Lokasi Proyek

Nama Proyek	Nilai Proyek	Lokasi Proyek
Proyek A	Rp. 359.859.000,00	Banggai
Proyek B	Rp. 897.010.826,00	Banggai
Proyek C	Rp. 418.462.000,00	Poso
Proyek D	Rp. 545.223.000,00	Tojo Una Una
Proyek E	Rp. 1.101.007.000,00	Toli - Toli
Proyek F	Rp. 16.348.855.000,00	Poso

pelaksanaan penelitian yaitu selama 2 (dua) bulan.

**Proyek Konstruksi.** Proyek konstruksi memiliki sifat dan karakteristik khusus yang tidak terdapat pada industri lain seperti kegiatan proyek konstruksi, jenis kegiatan, dan perkembangan teknologi [3]. Proyek konstruksi adalah suatu kegiatan yang memiliki jangka waktu yang terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan bermaksud untuk melaksanakan pekerjaan yang memiliki tujuan yang jelas. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa tujuan proyek adalah memiliki tujuan tertentu, memiliki produk akhir, biaya, target serta bersifat sementara dan tidak rutin [2].

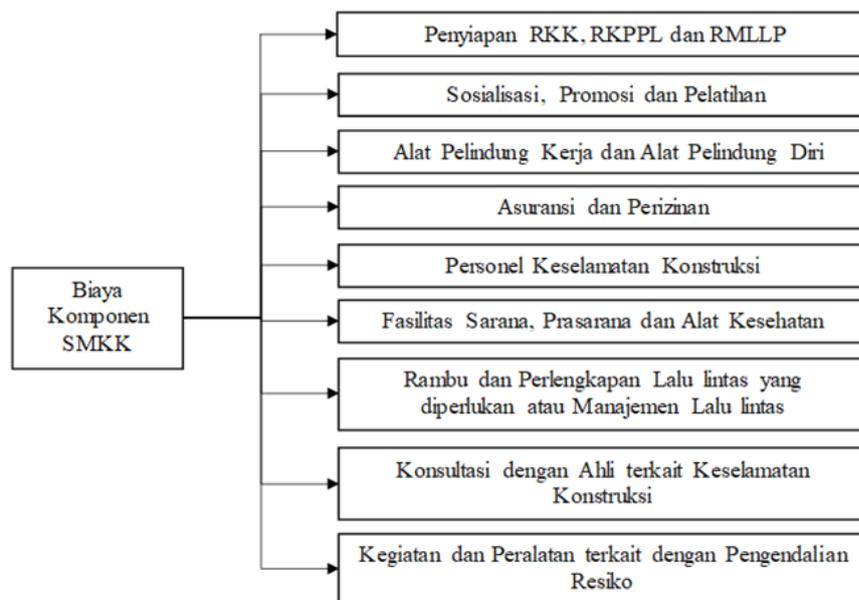
**Kesehatan dan Keselamatan Kerja.** Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek penting dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang dilaksanakan dengan baik akan mendukung tercapainya tujuan proyek yang maksimal tentunya dalam hal kinerja waktu, mutu serta biaya. Kecelakaan kerja yang tinggi serta kerugian materi yang besar merupakan salah satu indikator terbaikannya keselamatan dan kesehatan kerja (K3) [4]. Keselamatan dan Kesehatan kerja (K3) tidak dapat dipisahkan dengan proses produksi baik jasa maupun industri. Perkembangan pembangunan setelah Indonesia merdeka menimbulkan konsekuensi meningkatkan intensitas kerja yang mengakibatkan pula meningkatnya risiko kecelakaan di lingkungan kerja [5].

**Kecelakaan Kerja.** Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 3 Tahun 1992 tentang JAMSOSTEK, Kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang terjadi berhubungan dengan hubungan kerja,

termasuk penyakit yang timbul karena hubungan kerja. Adapun pada dasarnya kecelakaan kerja merupakan suatu kejadian yang tidak dikehendaki dan tidak diharapkan yang dapat menimbulkan kerugian baik pada manusia, barang dan lingkungan.

**Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK).** Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) adalah suatu perencanaan, pengendalian serta koordinasi pekerjaan yang dimulai dari awal pekerjaan hingga akhir pekerjaan dimana harus menerapkan prinsip-prinsip keselamatan kepada pekerja maupun bukan pekerja di lingkungan konstruksi agar dapat bekerja secara aman dan sehat secara jasmani dan rohani sehingga dapat tercapai tujuan proyek konstruksi yang aman, tepat waktu, mutu dan biaya [6]. Kesuksesan dalam pelaksanaan proyek konstruksi di lapangan tentunya tidak terlepas dari kerja sama dari berbagai pihak, dimana masing-masing pihak memiliki tanggung jawab penuh terhadap pekerjaan konstruksi, sehingga keselamatan konstruksi menjadi faktor yang sangat penting dalam pencapaian sasaran keberhasilan proyek konstruksi. Terdapat beberapa manfaat dalam penerapan sistem manajemen keselamatan konstruksi yaitu dapat mengetahui secara jelas mengenai K3 di perusahaan, dapat meningkatkan keterampilan, pengetahuan dan kesadaran tentang pentingnya K3 serta dapat meningkatkan produktivitas kerja [7].

**Biaya Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi.** Penerapan biaya sistem manajemen keselamatan konstruksi merupakan tanggung jawab dari penyedia jasa. Dalam hal ini pengguna jasa atau *owner* harus memahami besarnya pendanaan dalam penerapan sistem ini.



Gambar 1 Kerangka Penelitian

Selain itu pengguna jasa harus memastikan bahwa penyedia jasa harus menggunakan anggaran penerapan sistem tersebut dengan baik. Komponen biaya SMKK berdasarkan PERMEN PUPR NO. 10 Tahun 2021 yaitu (1) penyusunan RK3K; (2) sosialisasi, promosi dan pelatihan K3; (3) alat pelindung diri dan alat pelindung kerja; (4) asuransi dan perizinan; (5) personel K3; (6) fasilitas kesehatan; (7) rambu-rambu; (8) konsultasi dengan ahli terkait; dan (9) kegiatan dan peralatan yang terkait dengan pengendalian risiko keselamatan konstruksi [5].

**Kerangka Penelitian.** Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

**Komponen Biaya SMKK pada Proyek.** Rekapitulasi komponen biaya SMKK untuk masing-masing proyek dapat dilihat pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 7.

Berdasarkan data keseluruhan pada studi kasus di atas, maka peneliti merangkum nilai persentase komponen biaya SMKK untuk semua proyek seperti pada Tabel 8.

Persentase biaya SMKK terhadap nilai proyek untuk semua proyek di atas memiliki nilai masing-masing sebesar 19,43% pada proyek A; 9,59% di proyek B; 16,84% di proyek C; 11,94% di proyek D; 5,80% pada

proyek E dan 0,78% pada proyek F. Hal ini membuktikan bahwa persentase biaya SMKK cukup besar dibandingkan dengan nilai proyek yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, setiap konsultan harus menganggarkan biaya SMKK dalam setiap pekerjaan konstruksi. Dalam penelitian ini, data proyek yang diteliti adalah proyek yang memiliki risiko keselamatan konstruksi kecil dan sedang. Pada Tabel 9 dijelaskan masing-masing proyek dengan tingkat risiko keselamatan konstruksi sesuai dengan perhitungan pengguna jasa dan penyedia jasa.

Berdasarkan wawancara dengan penyedia jasa dikatakan bahwa penentuan tingkat risiko keselamatan konstruksi tidak bisa dilihat hanya dari nilai proyek atau jumlah tenaga kerja pada proyek tersebut. Seperti contoh pada proyek yang disebutkan di atas. Penilaian tingkat risiko ditentukan oleh pemilik dibantu oleh penyedia jasa, tentunya dengan mengikuti penilaian dalam Peraturan Menteri PUPR No. 10 Tahun 2021. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dengan berbagai jenis pekerjaan dan jenis risiko keselamatan konstruksi, alokasi biaya SMKK untuk semua proyek memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Walaupun nilai proyek kecil atau besar, namun biaya yang dialokasikan untuk setiap item tidak

Tabel 2 Persentase Biaya SMKK terhadap Nilai Proyek pada Proyek A

No.	Komponen	Biaya	Persentase
1	Penyiapan RK3K	Rp. 2.000.000,00	2,86 %
2	Sosialisasi, Promosi, dan Pelatihan	Rp. 2.700.000,00	3,86 %
3	APD dan APK	Rp. 7.400.000,00	10,59 %
4	Asuransi dan Perizinan	Rp. 4.665.513,00	6,68 %
5	Personel Keselamatan Konstruksi	Rp. 37.000.000,00	52,94 %
6	Fasilitas sarana, prasarana, alat kesehatan	Rp. 250.000,00	0,36 %
7	Rambu	Rp. 5.450.000,00	7,80 %
8	Konsultasi dengan ahli terkait	-	-
9	Kegiatan dan peralatan terkait dengan pengendalian resiko	Rp. 10.420.000,00	14,91 %
Total Biaya		Rp. 69.885.513,00	100 %
Nilai Proyek		Rp. 359.589.000,00	
Persentase terhadap nilai proyek		<b>19,43 %</b>	

Tabel 3 Persentase Biaya SMKK terhadap Nilai Proyek pada Proyek B

No.	Komponen	Biaya	Persentase
1	Penyiapan RK3K	Rp. 2.375.000,00	2,76 %
2	Sosialisasi, Promosi, dan Pelatihan	Rp. 3.075.000,00	3,57 %
3	APD dan APK	Rp. 9.537.500,00	11,08 %
4	Asuransi dan Perizinan	Rp. 9.462.177,00	10,99 %
5	Personel Keselamatan Konstruksi	Rp. 35.500.000,00	41,24 %
6	Fasilitas sarana, prasarana, alat kesehatan	Rp. 300.000,00	0,35 %
7	Rambu	Rp. 13.720.000,00	15,94 %
8	Konsultasi dengan ahli terkait	-	-
9	Kegiatan dan peralatan terkait dengan pengendalian resiko	Rp. 12.110.000,00	14,07 %
Total Biaya		Rp. 86.079.677,00	100%
Nilai Proyek		Rp. 897.010.828,46	
Persentase terhadap nilai proyek		<b>9,59 %</b>	

Tabel 4 Persentase Biaya SMKK terhadap Nilai Proyek pada Proyek C

No.	Komponen	Biaya	Persentase
1	Penyiapan RK3K	Rp. 1.350.000,00	1,92 %
2	Sosialisasi, Promosi, dan Pelatihan	Rp. 3.125.000,00	4,43 %
3	APD dan APK	Rp. 7.402.500,00	10,50 %
4	Asuransi dan Perizinan	Rp. 4.766.287,00	6,76 %
5	Personel Keselamatan Konstruksi	Rp. 37.000.000,00	52,49 %
6	Fasilitas sarana, prasarana, alat kesehatan	Rp. 250.000,00	0,35 %
7	Rambu	Rp. 6.350.000,00	9,01 %
8	Konsultasi dengan ahli terkait	-	-
9	Kegiatan dan peralatan terkait dengan pengendalian resiko	Rp. 10.245.000,00	14,53 %
Total Biaya		Rp. 70.488.787,00	100%
Nilai Proyek		Rp. 418.462.000,00	
Persentase terhadap nilai proyek		<b>16,84 %</b>	

Tabel 5 Persentase Biaya SMKK terhadap Nilai Proyek pada Proyek D

No.	Komponen	Biaya	Persentase
1	Penyiapan RK3K	Rp. 1.625.000,00	2,56 %
2	Sosialisasi, Promosi, dan Pelatihan	Rp. 2.700.000,00	4,25 %
3	APD dan APK	Rp. 9.965.000,00	15,70 %
4	Asuransi dan Perizinan	Rp. 6.983.264,00	11,00 %
5	Personel Keselamatan Konstruksi	Rp. 26.000.000,00	40,97 %
6	Fasilitas sarana, prasarana, alat kesehatan	Rp. 250.000,00	0,39 %
7	Rambu	Rp. 6.950.000,00	10,95 %
8	Konsultasi dengan ahli terkait	-	-
9	Kegiatan dan peralatan terkait dengan pengendalian resiko	Rp. 10.620.000,00	16,73 %
Total Biaya		Rp. 65.093.264,00	100%
Nilai Proyek		Rp. 545.223.000,00	
Persentase terhadap nilai proyek		<b>11,94 %</b>	

Tabel 6 Persentase Biaya SMKK terhadap Nilai Proyek pada Proyek E

No.	Komponen	Biaya	Persentase
1	Penyiapan RK3K	Rp. 3.125.000,00	4,89 %
2	Sosialisasi, Promosi, dan Pelatihan	Rp. 2.800.000,00	4,38 %
3	APD dan APK	Rp. 11.465.000,00	17,94 %
4	Asuransi dan Perizinan	Rp. 7.682.831,00	12,02%
5	Personel Keselamatan Konstruksi	Rp. 12.000.000,00	18,78 %
6	Fasilitas sarana, prasarana, alat kesehatan	Rp. 500.000,00	0,78 %
7	Rambu	Rp. 13.840.000,00	21,66 %
8	Konsultasi dengan ahli terkait	-	-
9	Kegiatan dan peralatan terkait dengan pengendalian resiko	Rp. 12.495.000,00	19,55 %
Total Biaya		Rp. 63.907.831,00	100%
Nilai Proyek		Rp. 1.101.007,00	
Persentase terhadap nilai proyek		<b>5,80 %</b>	

Tabel 7 Persentase Biaya SMKK terhadap Nilai Proyek pada Proyek F

No.	Komponen	Biaya	Persentase
1	Penyiapan RK3K	Rp. 1.800.000,00	1,88 %
2	Sosialisasi, Promosi, dan Pelatihan	Rp. 4.600.000,00	3,60 %
3	APD dan APK	Rp. 12.150.000,00	15,32 %
4	Asuransi dan Perizinan	Rp. 22.278.698,00	17,43%
5	Personel Keselamatan Konstruksi	Rp. 51.000.000,00	39,91 %
6	Fasilitas sarana, prasarana, alat kesehatan	Rp. 250.000,00	0,20 %
7	Rambu	Rp. 15.780.000,00	11,76 %
8	Konsultasi dengan ahli terkait	-	-
9	Kegiatan dan peralatan terkait dengan pengendalian resiko	Rp. 12.660.000,00	9,91 %
Total Biaya		Rp. 121.118.698,00	100%
Nilai Proyek		Rp. 16.348.855.000,00	
Persentase terhadap nilai proyek		<b>0,78 %</b>	

Tabel 8 Persentase Komponen biaya SMKK terhadap Nilai Proyek pada Semua Proyek

No.	Nama Proyek	Nilai Proyek	Biaya SMKK	Persentase terhadap nilai proyek
1	Proyek A	Rp. 359.589.000,00	Rp. 69.885.513,00	19,43 %
2	Proyek B	Rp. 897.010.826,46	Rp. 86.079.677,00	9,59 %
3	Proyek C	Rp. 418.462.000,00	Rp. 70.488.787,00	16,84 %
4	Proyek D	Rp. 545.223.000,00	Rp. 65.093.000,00	11,94 %
5	Proyek E	Rp. 1.101.007.000,00	Rp. 63.907.831,00	5,80 %
6	Proyek F	Rp. 16.348.855.000,00	Rp. 121.118.698,00	0,78 %

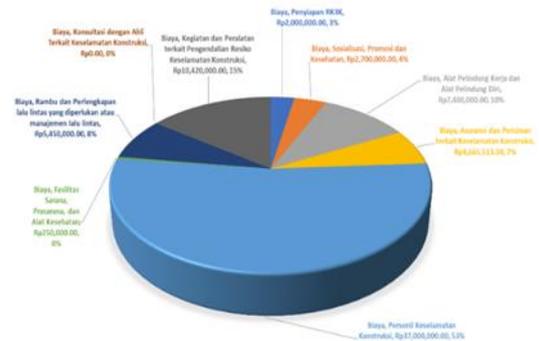
Tabel 9 Tingkat Resiko Keselamatan Konstruksi

No.	Nama Proyek	Nilai Proyek	Jumlah Pekerja	Tingkat Risiko Keselamatan Konstruksi
1	Proyek A	Rp. 359.589.000,00	20	Kecil
2	Proyek B	Rp. 897.010.826,46	25	Kecil
3	Proyek C	Rp. 418.462.000,00	15	Sedang
4	Proyek D	Rp. 545.223.000,00	25	Sedang
5	Proyek E	Rp. 1.101.007.000,00	25	Sedang
6	Proyek F	Rp. 16.348.855.000,00	30	Sedang

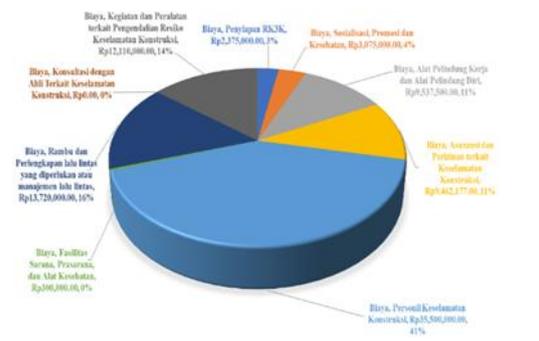
memiliki harga yang jauh berbeda. Pada proyek A dengan nilai proyek Rp. 359.589.000,00 yang tergolong kecil bila dibandingkan proyek F dengan nilai proyek Rp. 16.348.855.000,00. Proyek A memiliki biaya SMKK sebesar Rp. 69.885.513,00 dan proyek F memiliki biaya SMKK sebesar Rp. 121.118.698,00. Jika dibandingkan dengan kedua biaya SMKK pada proyek A dan F, biaya SMKK pada proyek A tidak jauh berbeda dengan proyek F. Sedangkan selisih nilai proyek dari keduanya sangatlah jauh berbeda. Hal ini membuktikan bahwa biaya yang dialokasikan pada kedua komponen SMKK tersebut tidak jauh berbeda walaupun nilai proyeknya sangat berbeda. Padahal seharusnya semakin besar nilai suatu proyek, tentunya biaya SMKK yang dikeluarkan haruslah lebih besar. Namun pada kenyataannya, dari keenam studi kasus diatas, nilai biaya SMKK nilainya tidak jauh berbeda.

**Komposisi Biaya SMKK.** Berdasarkan Peraturan Menteri PUPR Nomor 10 Tahun 2021 sebagaimana dijelaskan di atas, terdapat 9 (sembilan) komposisi biaya SMKK. Berikut akan dijelaskan komposisi biaya masing-masing SMK untuk setiap proyek. Tabel komposisi biaya SMKK untuk proyek A hingga proyek F dapat digambarkan dalam bentuk diagram seperti Gambar 2 sampai dengan Gambar 7.

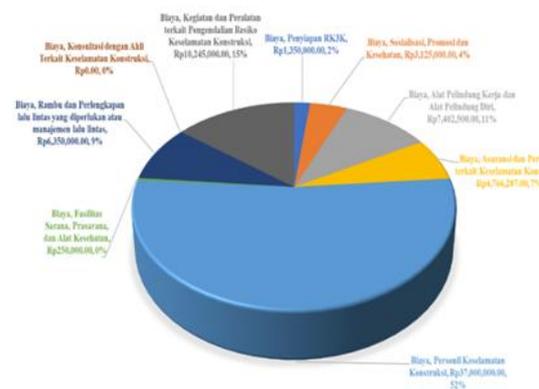
Pada dasarnya, ke-9 (sembilan) komposisi tersebut telah diterapkan pada setiap proyek konstruksi yaitu mulai dari penyusunan RK3K hingga kegiatan dan peralatan yang terkait dengan pengendalian risiko keselamatan konstruksi. Adapun komponen tersebut, masing-masing memiliki sub komponen yang telah diatur dalam Peraturan Menteri PUPR Nomor 10 Tahun



Gambar 2 Diagram Proyek A

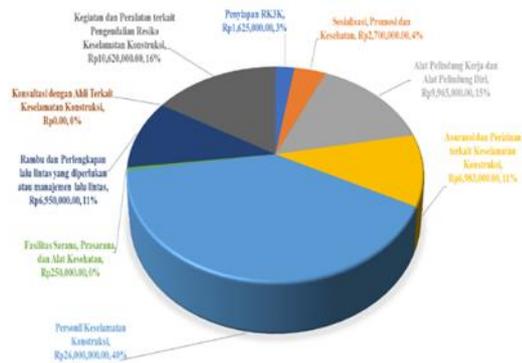


Gambar 3 Diagram Proyek B

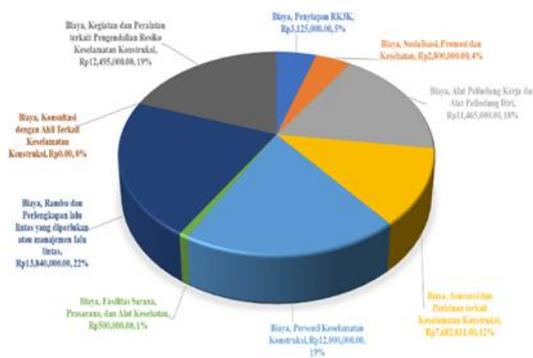


Gambar 4 Diagram Proyek C

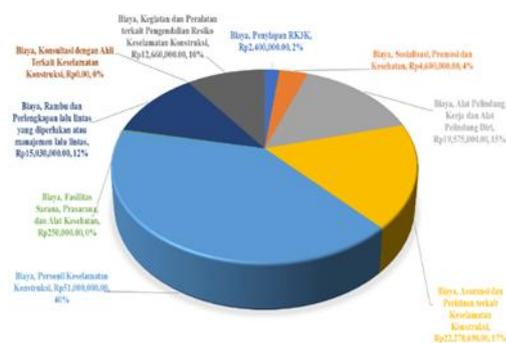
2021. Meskipun demikian, masih ada sub komponen biaya SMKK yang tidak dialokasikan oleh penyedia jasa. Hal ini dikarenakan setiap proyek memiliki item pekerjaan atau karakteristik yang berbeda. Berdasarkan data di atas terlihat bahwa proyek C tidak mengalokasikan biaya



Gambar 5 Diagram Proyek D



Gambar 6 Diagram Proyek E



Gambar 7 Diagram Proyek F

pembuatan prosedur dan instruksi kerja dalam penyusunan dokumen RK3K. Hal ini dikarenakan proyek C merupakan pekerjaan yang cukup sederhana yaitu perencanaan penggantian box culvert sehingga tidak memerlukan dokumen prosedur kerja dan instruksi kerja. Pada proyek C juga mengalokasikan biaya pengarahan keselamatan konstruksi sedangkan lima proyek lainnya tidak mengalokasikan biaya. Proyek A, B, D, E dan F tidak mengalokasikan biaya untuk *safety briefing* / instruksi keselamatan Konstruksi karena ini hanya pembekalan singkat kepada pekerja mengenai standar keselamatan terkait pekerjaan yang akan dilakukan. Sama

seperti biaya komponen alat pelindung diri yang telah dialokasikan untuk semua proyek, kecuali untuk sub komposisi masker selam, apron, jaket pelampung dan pelindung jatuh, celemek, alat pelindung diri dari penggunaan bahan kimia karena alat pelindung tersebut memang tidak diperlukan di lokasi pekerjaan.

Semua sub-komposisi biaya asuransi dan perizinan yang berkaitan dengan keselamatan konstruksi telah dialokasikan biaya secara keseluruhan untuk semua proyek. Hal ini menunjukkan bahwa alokasi biaya untuk sub komposisi ini adalah untuk mendorong tindakan pencegahan atau mencegah terjadinya kecelakaan kerja di lokasi proyek. Untuk semua sub komposisi dalam komposisi rambu dan perlengkapan lalu lintas, alokasi biaya tergantung pada jenis pekerjaan. Adapun sub komposisi rambu penunjuk jalan hingga tongkat pengatur lalu lintas sudah dialokasikan dengan baik oleh proyek A hingga proyek F. Dimana nilainya tidak jauh berbeda satu sama lain. Untuk sub komposisi pulau lalu lintas sementara, hanya dialokasikan oleh proyek F. Mengingat proyek F terletak di ruas jalan utama dan dalam pengerjaannya membutuhkan pulau lalu lintas sementara untuk memberikan informasi kepada pengendara yang melintas agar tidak melewati titik pekerjaan. Begitu pula untuk alokasi biaya sub komposisi jembatan sementara yang hanya dialokasikan oleh proyek E dan F, dimana proyek E merupakan pengelolaan jembatan CS Bajuran yang tentunya membutuhkan jembatan sementara agar pengguna jalan tetap dapat melewatinya. Semua proyek A, B, C, D, dan F memiliki persentase penyediaan tenaga keselamatan paling tinggi jika dibandingkan dengan komponen lainnya. Hal ini membuktikan pentingnya penyediaan tenaga keselamatan konstruksi dalam penerapan biaya SMKK. Untuk proyek E bukan merupakan komponen terbesar karena waktu pelaksanaan proyek E hanya berlangsung selama 1 bulan. Sedangkan alokasi nilai terkecil untuk penerapan SMKK terdapat pada komponen konsultasi dengan ahli terkait.

#### 4 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1) Persentase komponen biaya SMKK pada 6 (enam) proyek yang digunakan sebagai studi kasus masing-masing adalah 19,43%, 9,59%, 16,84%, 11,94%, 5,80% dan 0,78%. Alokasi komponen biaya SMKK meliputi penyiapan RK3K, sosialisasi, promosi dan pelatihan, alat pelindung diri dan alat pelindung kerja, asuransi dan perizinan, personel keselamatan konstruksi, sarana, prasarana dan alat kesehatan, rambu dan perlengkapan lalu lintas serta kegiatan dan perlengkapan terkait keselamatan konstruksi. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa alokasi biaya SMKK tidak tergantung pada besar kecilnya nilai proyek dan tingkat risiko keselamatan konstruksi suatu proyek. Hal ini terjadi dikarenakan pada PERMEN PUPR No. 10 Tahun 2021 tidak mengatur secara pasti nilai SMKK yang harus dianggarkan oleh suatu proyek.

2) Komponen biaya SMKK yang paling besar untuk semua proyek adalah komponen penyediaan tenaga keselamatan konstruksi. Sedangkan komponen dengan biaya terendah untuk semua proyek adalah komponen konsultasi dengan ahli terkait. komponen konsultasi dengan ahli terkait tidak dimasukkan karena dianggap memiliki risiko keselamatan konstruksi yang dinilai tidak besar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. A. R. Widhiawati, I. G. A. A. Putera and O. A. Dewi, "Kajian Biaya Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pada Proyek Jalan," *Jurnal Spektran*, vol. 8, no. 1, 2020.
- [2] A. F. C. Umar, "Analisis Manfaat Dan Biaya Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Kerja Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Pada Gedung SGLC Dan ERIC Ugm)," Teknik Sipil UII, Yogyakarta, 2022.
- [3] Asiyanto, *Construction Project Cost Management*, Jakarta: Pradnya Paramita, 2005.
- [4] A. Husen, *Manajemen Proyek*, Yogyakarta: Andi Offset, 2011.
- [5] Kementerian PUPR, "Permen PUPR Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi," Kementerian PUPR, Jakarta, 2021.
- [6] D. E. Wahyuono, "Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi Pada Proyek Klasifikasi Kecil Pasca Diterbitkannya Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 21/PRT/M/2019," in *Civil Engineering, Environmental, Disaster and Risk Management Symposium (CEEDRIMS) 2021*, Surakarta, 2021.
- [7] Tarwaka, *KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA : Manajemen dan Implementasi K3 Di Tempat Kerja*, Surakarta: Harapan Press, 2017.



## Optimalisasi Sistem Drainase Pada Kawasan Perumahan di Wilayah Sampang Madura

Clara Zenicha Lioni\*<sup>1</sup>, Rezky Susmono Karuru<sup>1</sup>, Tiffani Mandasari Putri Mantong<sup>1</sup>, Novacharisma V. Verucha<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu, Jalan Soekarno Hatta

\*Penulis korespondensi: clarazen17@gmail.com

DISUBMIT 29 Mei 2025

DIREVISI 16 Juni 2025

DITERIMA 19 Juni 2025

**ABSTRAK** Wilayah perkotaan di Kecamatan Sampang kerap mengalami banjir dengan skala yang cukup besar. Hal ini disebabkan oleh tingginya curah hujan di wilayah hulu Sungai Kemoning serta menurunnya kapasitas tampung sungai tersebut. Selain itu, kondisi fisik saluran drainase yang mengalami kerusakan, buruknya kualitas dan kinerja sistem drainase akibat penumpukan sampah, serta belum meratanya ketersediaan saluran di seluruh area turut memperburuk kondisi tersebut, sehingga mengganggu aktivitas masyarakat dan jalannya fungsi kota. Penelitian ini menggunakan beberapa metode analisis, antara lain: analisis distribusi frekuensi dan *overlay* untuk menentukan klasifikasi tipologi wilayah berdasarkan tingkat bahaya banjir. Selanjutnya dilakukan metode Delphi untuk mengidentifikasi variabel-variabel yang memengaruhi kualitas pelayanan drainase. Setelah itu, pendekatan *Expert Judgement* digunakan untuk merumuskan arahan strategis berdasarkan variabel-variabel yang relevan terhadap masing-masing tipologi kawasan rawan banjir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kawasan dapat diklasifikasikan ke dalam tiga tipologi tingkat bahaya banjir, yaitu: sangat berbahaya, berbahaya, dan cukup berbahaya. Sejumlah variabel yang terbukti berpengaruh terhadap pelayanan sistem drainase antara lain: tingkat kepadatan lahan terbangun, kelengkapan fasilitas pengelolaan sampah, elevasi kontur wilayah, volume sampah yang menyumbat saluran, ketersediaan dan kondisi bozem, kondisi serta keberadaan sistem pintu air dan pompa, alokasi dana rutin untuk pemeliharaan drainase, anggaran modal untuk pembangunan saluran baru, tingkat partisipasi aktif masyarakat dalam pemeliharaan drainase, keberadaan regulasi serta prosedur standar, dan efektivitas institusi pengelola sistem drainase.

**KATA KUNCI:** Banjir; Drainase; HEC-RAS

### 1 PENGANTAR

Daerah Aliran adalah semua daerah dimana semua airnya yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Aliran air tersebut tidak hanya berupa air permukaan yang mengalir di dalam alur sungai, tetapi termasuk juga aliran di lereng-lereng bukit yang mengalir menuju alur sungai sehingga daerah tersebut dinamakan daerah aliran sungai. Di daerah yang berbukit atau daerah yang kemiringan tanahnya, cukup, masalah pembuangan/pengaliran airnya tidak begitu sulit pemecahannya, karena perbedaan tingginya di daerah yang datar terutama di daerah pantai yang terkena pengaruh pasang surut, kadang-kadang tidak terdapat beda tinggi yang tidak cukup untuk mengalirkan teta dalam keadaan normal, pengaruh kemiringan yang landai dan kenaikan muka air laut dominan.

Berdasarkan teori diatas terdapat para pakar bahwa yang menjadi karakteristik kawasan

daerah tangkapan air. Menurut Sri Harto karakteristik kawasan banjir dipengaruhi oleh kondisi topografi, menurut Pekerjaan Umum dipengaruhi oleh topografi [1], sedangkan menurut Suripin mengemukakan karakteristik dipengaruhi oleh luas dan bentuk, topografi dan tata guna lahan [2]. Dalam penelitian ini, pembahasan untuk karakteristik wilayah daerah tangkapan air adalah kondisi topografi.

Pada pemukiman padat di kawasan Perumahan Prunas dalam hasil evaluasi sistem drainase menunjukkan bahwa genangan terjadi dikarenakan dimensi saluran drainase yang kecil, untuk optimalisasinya maka dilakukan pembesaran pada dimensi saluran dan mempertimbangkan penambahan sumur resapan [3]. Optimasi sistem drainase pada kawasan industri wilayah Cikarang dilakukan dengan pembuatan dua kolam tampung dengan luas 88 x 10 m yang dilengkapi dengan pompa, optimalisasi ini

dilakukan karena saluran drainase pada kawasan industri memiliki dimensi yang di bawah standar [4].

Pasar lama Kota Serang memiliki sistem drainase yang kurang memadai, hal ini mengakibatkan sering mengalami genangan air terutama jika curah hujan tinggi hingga bisa menimbulkan limpasan air yang tinggi. Untuk mengoptimalkan kinerja saluran drainase dibangun sumur resapan sebagai upaya mengurangi volume limpasan permukaan [5]. Optimalisasi sistem drainase akibat permasalahan banjir yang terjadi di Kabupaten Bangkalan yaitu dengan membangun kolam retensi dan pemasangan tanggul sungai [6].

Perkembangan Kota Manado yang pesat memicu terjadinya alih fungsi yang tidak terkendali yang mengakibatkan terjadinya genangan air hingga banjir untuk mengatasi dilakukan optimalisasi terhadap sistem jaringan drainase dengan penambahan kapasitas saluran serta gorong-gorong [7]. Banjir yang terjadi di Dusun Gambiran diakibatkan saluran drainase yang tidak berfungsi dengan baik untuk menanggulangnya dibuat drainase dengan kapasitas debit air yang direncanakan periode ulang 50 tahun [8].

## 2 METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan positivistik dengan menggunakan metode *theoretical analytic* dan *empirical analytic*. Pendekatan tersebut digunakan dalam menguji empirik obyek spesifikasi, berpikir tentang empirik yang teramati, yang terukur dan dapat dieliminasi serta dapat dimanipulasikan, dilepaskan dari satuan besarnya [9].

Menganalisa Variabel-Variabel yang Berpengaruh pada Pelayanan Drainase. Dalam menganalisis faktor mempengaruhi pelayanan infrastruktur drainase dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif di mana variabel yang didapatkan dari hasil kajian pustaka akan dibandingkan dengan studi literatur dan kondisi eksisting di

wilayah penelitian. Teknik Delphi adalah metode yang banyak digunakan dan diterima untuk mengumpulkan data dari pakar. Teknik ini dirancang sebagai proses komunikasi kelompok yang bertujuan untuk mencapai konvergensi pendapat tentang masalah tertentu [10].

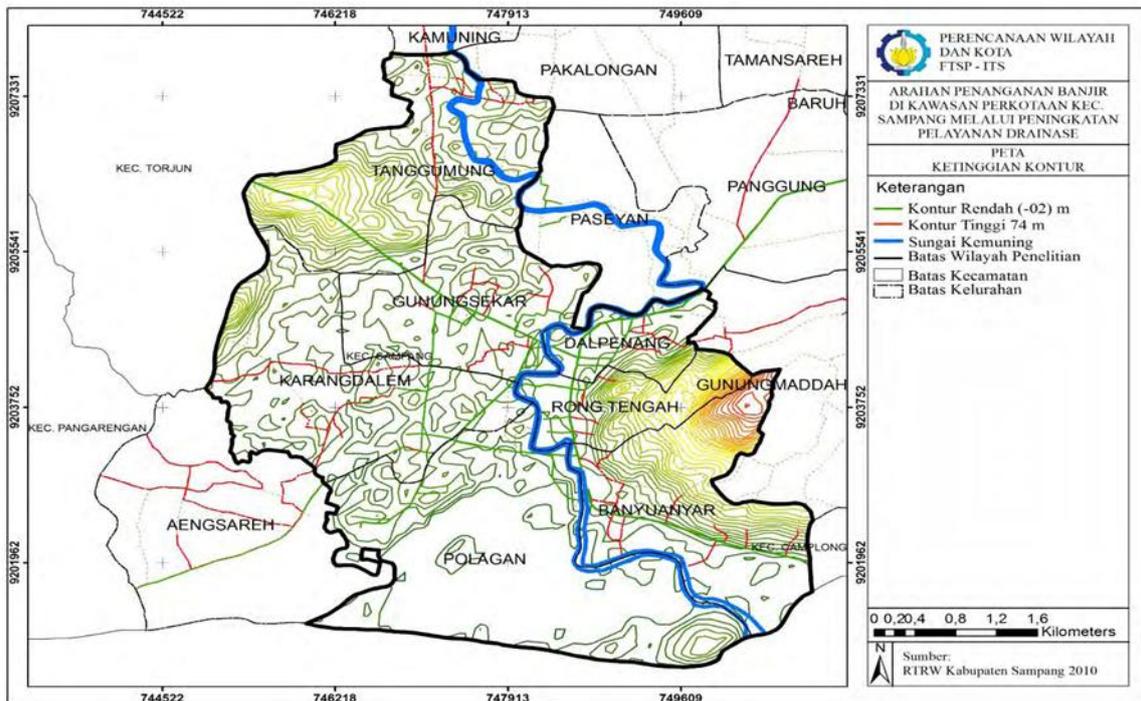
Merumuskan Arah Penanganan Banjir di Kawasan perkotaan Kecamatan Sampang Melalui peningkatan pelayanan drainase. Dalam analisis arahan penanganan banjir melalui peningkatan pelayanan drainase, teknik analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif kualitatif dengan *Expert Judgement*. Setelah diketahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pelayanan drainase maka dapat dirumuskan arahan penanganan banjir melalui peningkatan pelayanan drainase.

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

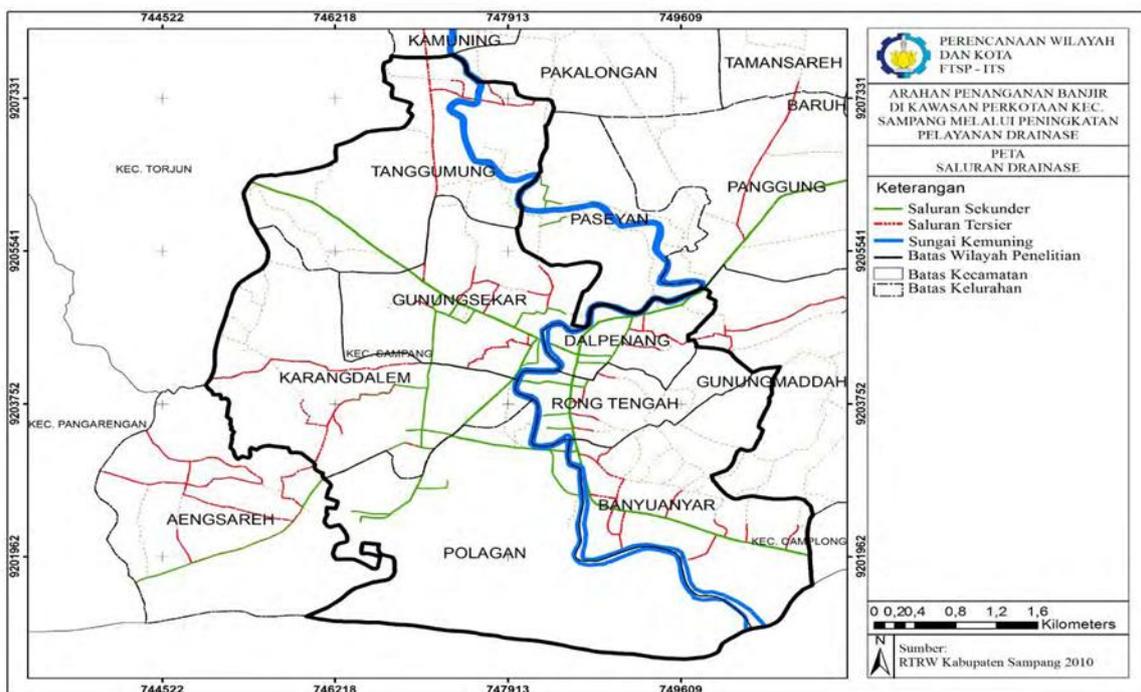
**Sifat Fisika dan Mekanika.** Pada musim penghujan 2009/2010 rata-rata curah hujan di Kecamatan Sampang adalah 208,5 mm. Curah hujan bulanan dapat diklasifikasikan menjadi 5 (lima) kelas yaitu : 10-15 mm (sangat ringan), 16-85 mm (ringan), 86-295 mm (sedang), 296-545 mm (lebat), dan 546-845 mm (sangat lebat). Berdasarkan klasifikasi tersebut maka rata-rata curah hujan bulanan pada Kecamatan Sampang berada pada kategori hujan sedang (86-295 mm). Namun dengan curah hujan sedang, pada wilayah Perkotaan Kecamatan Sampang sudah tergenang banjir dengan rata-rata 1,3 meter.

Tabel 1 Curah Hujan di Kecamatan Sampang

Bulan Curah Hujan	Bulan Curah Hujan
Oktober 301	Oktober 301
Nopember 258	Nopember 258
Desember 262	Desember 262
Januari 142	Januari 142
Februari 279	Februari 279
Maret 124	Maret 124
April 289	April 289
Rata-rata 208,5	Rata-rata 208,5
Bulan Curah Hujan	Bulan Curah Hujan



Gambar 1 Peta Ketinggian Kontur Kawasan Perkotaan Sampang

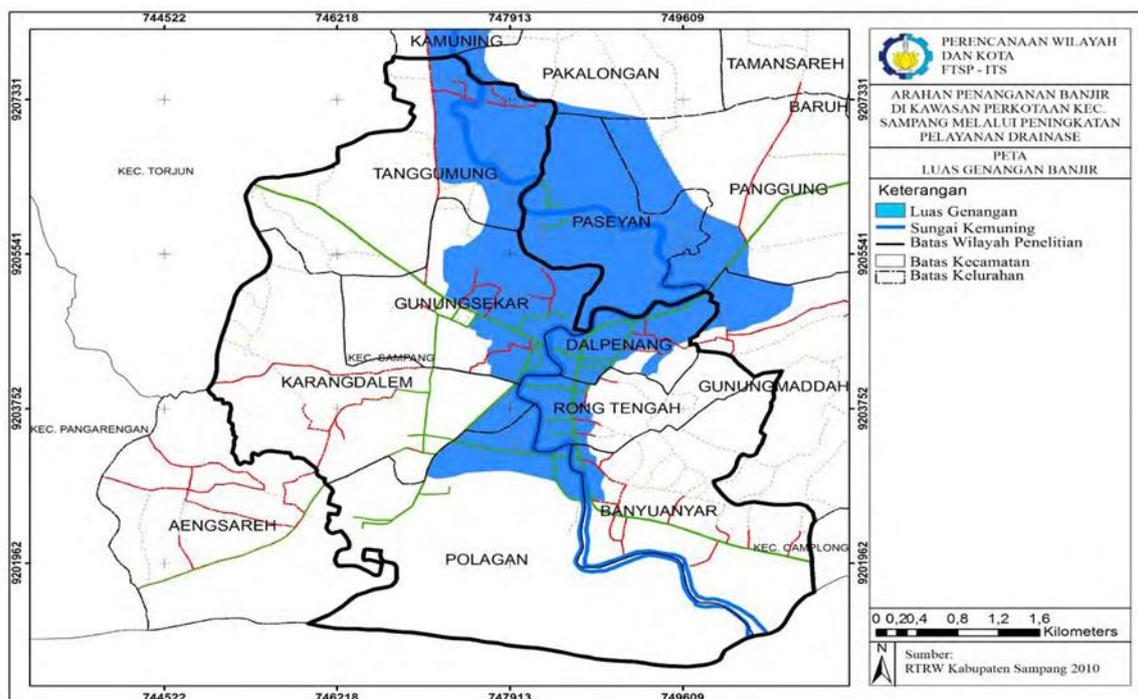


Gambar 2 Peta Drainase

**Kondisi Topografi.** Di Kecamatan perkotaan Sampang terletak pada daerah pesisir pantau yang secara umum mempunyai ketinggian lahan berkisar 0-8%. Pada kawasan bagian timur agak berbukit dan bagian utara agak bergelombang. Ketinggian lahan berada pada 1,9-3,65 mdpl. Untuk

wilayah tertinggi adalah Kelurahan Tanggumong dan lokasi terendah berada di Kelurahan Gunungsekar pada Gambar 1.

**Sistem dan Pola Jaringan Utilitas/Prasarana.** Jaringan drainase di wilayah penelitian terdiri dari drainase terbuka dan tertutup yang bersifat



Gambar 3 Peta Luas Genangan

permanen dan non permanen. Berfungsi sebagai saluran drainase primer adalah sungai yang banyak terdapat di wilayah penelitian, untuk jenis saluran drainase sekunder ini memiliki dimensi yang bervariasi dari yang berukuran lebar 0,25 m sampai lebih dari 1 m, tergantung pada kondisi jalan dan lebar jalan. Sungai Kamuning ini memiliki beberapa permasalahan antara lain morfologi sungainya yang berkelok-kelok, penampang sungai yang tidak mampu menampung debit banjir dan juga posisi ketinggian sungai yang hampir sejajar dengan daerah di sekelilingnya sehingga seringkali pada musim penghujan terjadi banjir di daerah Banyuanyar, Kelurahan Polagan, bahkan jika terjadi banjir besar satu Kota Sampang bisa terkena bahayanya pada Gambar 2.

**Kondisi Luas Genangan, Kedalaman Genangan, dan Durasi Genangan di Perkotaan Kecamatan Sampang.** Kabupaten Sampang terdiri atas 14 Kecamatan, salah satunya Kecamatan Sampang yang menjadi batas substansi wilayah penelitian. Kecamatan Sampang yang dimaksud adalah Perkotaan Kecamatan Sampang. Pada wilayah perkotaan ini terdapat luas genangan,

kedalaman genangan, dan durasi genangan. Adapun data-data dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Luas Genangan pada Kecamatan Sampang

No	Kelurahan	Luas Genangan (ha)	Prosentase Luas genangan permukiman perkotaan yang terdampak banjir (%)
1	Polagan	665.43	29.01
2	Banyuanyar	380.51	11.99
3	Rongtengah	144.61	39.50
4	Dalpenang	110.27	45.05
5	Karangdalem	437.59	9.91
6	Gunungsekar	315.07	100.53
7	Tanggumung	423.84	39.82

Luas genangan yang paling luas terdapat pada kelurahan Gunungsekar. Dilihat dari prosentase luas genangan permukiman perkotaan perluas wilayah yang paling besar terdapat di Kecamatan Dalpenang sebesar 40,85%. Untuk melihat luas ganangan dapat dilihat pada Gambar 3.

**Menentukan Tipologi Kawasan Penanganan Bahaya Banjir di Perkotaan.** Menurut pedoman penyusunan peta resiko dalam lestari (2011) dijelaskan bahwa penyusunan peta resiko berdasarkan variabel

lama genangan yang dijabarkan dalam rentang waktu, klasifikasi, dan skor tingkat bahaya. Berikut ini adalah data lama genangan yang terdapat pada wilayah penelitian. Yang dimana durasi genangan paling lama terdapat pada Kelurahan Dalpenang, dengan durasi  $\pm 24$  jam, sedangkan Kelurahan yang mempunyai durasi genangan yang paling rendah terdapat Kelurahan Tanggumung, yaitu sebesar  $\pm 12$  jam.

Berdasarkan Peta diatas yang telah dilakukan analisis overlay weighted dihasilkan kawasan tipologi berdasarkan tingkat bahaya. Untuk Tipologi satu yang berkategori sangat bahaya, didominasi pada Kelurahan Dalpenang (78,13%). Tipologi dua yang berkategori bahaya terdapat di Kelurahan Tanggumung, Karangdalem, Gunung sekar, Polagan, Banyuanyar, dan Rongtengah. Sedangkan pada tipologi tiga yang berkategori cukup bahaya sebagian besar terdapat pada Kelurahan Banyuanyar (36%) dan Kelurahan Tanggumung (32%).

#### 4 KESIMPULAN

Dalam Penentuan tipologi kawasan banjir menghasilkan 3 tipologi, yaitu sangat bahaya, bahaya, dan cukup bahaya. Dalam Penentu Untuk Tipologi satu yang berkategori sangat bahaya didominasi pada kelurahan Dalpenang (78,13%). Tipologi dua yang berkategori bahaya terdapat di kelurahan tanggumung, karangdalem, Gunung sekar, Polagan, Banyuanyar, dan Rongtengah. Sedangkan pada tipologi tiga yang berkategori cukupbahaya terdapat pada kelurahan Banyuanyar (36%) dan kelurahan tanggumung (32%).

Variabel-Variabel yang berpengaruh dalam pelayanan drainase di perkotaan Kecamatan Sampang adalah sebagai berikut:Kepadatan lahan terbangun, Kelengkapan fasilitas persampahan, Ketinggian kontur, Sampah yang menumpuk disaluran drainase, Ketersedian dan kondisi Bozem, Ketersediaan dan kondisi sistem Pintu Air, Ketersediaan dan kondisi Pompa, Dana Rutin Pemeliharaan, Dana Modal pengadaan drainase, Peran serta masyarakat, Kegiatan masyarakat dalam

memelihara drainase, Peraturan dan Standart Prosedur, Instansi pengelola drainase.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Harto, Analisis Hidrologi, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 1993.
- [2] Suripin, Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan, Yogyakarta: Andi Offset, 2004.
- [3] M. Taufik, A. Setiawan and N. Cahyo, "Evaluasi Sistem Drainase Di Kawasan Pemukiman Padat (Studi Kasus Perumahan Prunas Desa Katerban Kecamatan Kutoarjo)," *Surya Beton: Jurnal Ilmu Teknik Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 20-26, 2022.
- [4] A. Grace, D. Yudianto and F. Fitriana, "Optimasi Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Industri Di Cikarang, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat," *Jurnal Teknik Hidraulik*, vol. 13, no. 2, pp. 103-112, 2022.
- [5] R. Amin, V. M. Ramadhani, S. Rahayu and E. Kurniyaningrum, "Optimalisasi Strategi Drainase Berkelanjutan dalam Mengurangi Risiko Genangan Air," *Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan*, vol. 5, no. 1, pp. 25-36, 2025.
- [6] R. H. Abrianto, S. Subari and A. Farid, "Strategi Pengelolaan Sistem Drainase Perumahan Soka Park Kabupaten Bangkalan Sebagai Upaya Pengendalian Banjir," *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, vol. 9, no. 2, pp. 46-57, 2022.
- [7] L. A. Hendratta, "Optimalisasi Sistem Jaringan Drainase Jalan Raya Sebagai Alternatif Penanganan Masalah Genangan Air," *Jurnal Teknno Sipil*, vol. 12, no. 61, pp. 9-24, 2014.
- [8] A. Trimas, "Penanggulangan Banjir Dengan Merencanakan Bangunan Drainase di Dusun Gambiran Desa Besole Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung Menggunakan Aplikasi HEC-RAS," *Jurnal Rekats*, vol. 10, no. 2, pp. 1-12, 2022.
- [9] N. Muhadjir, Metodologi Penelitian Kualitatif; Pendekatan Positivistik, Rasionalistik, Phenomenologik, Dan Realisme Metaphisik Telaah Studi Teks Dan Penelitian Agama, Yogyakarta: Rake Sarasin, 1996.
- [10] C. C. Hsu and B. A. Sandford, "The Delphi Technique: Making Sense Of Consensus," *Practical Assessment, Research & Evaluation*, vol. 12, no. 10, pp. 1-8, 2007.





## Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Dinding Penahan Tanah dengan Perkuatan Bor Pile (Studi Kasus pada Ruas Jalan Paleleh – Lokodoka km 685+100)

Suci Amalia Namira Wahidin<sup>\*1</sup>, Dede Irham Arief<sup>2</sup>, Bayu Rahmat Ramadhan<sup>1</sup>, Misel Boro Allo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu, Jalan Soekarno Hatta

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palu, Palu, Jalan Hang Tuah No. 114

\*Penulis korespondensi: scnamira@untad.ac.id

DISUBMIT 29 Mei 2025

DIREVISI 17 Juni 2025

DITERIMA 19 Juni 2025

**ABSTRAK** Tanah longsor merupakan salah satu ancaman utama terhadap infrastruktur jalan di wilayah Sulawesi Tengah yang memiliki kondisi topografi kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas lereng pada ruas jalan Paleleh–Lokodoka KM 685+100 dengan pendekatan penggunaan dinding penahan tanah tipe kantilever yang diperkuat dengan *bored pile*. Metode analisis yang digunakan adalah *Finite Element Method* (FEM) menggunakan pemodelan numerik 2D, dengan mempertimbangkan beban lalu lintas dan beban gempa bumi. Hasil analisis menunjukkan bahwa desain dinding penahan tanah dengan perkuatan *bored pile* menghasilkan nilai faktor keamanan (SF) sebesar 1,561 pada kondisi layan dan 1,120 pada kondisi gempa, yang telah memenuhi ketentuan dalam SNI 8460-2017. Disimpulkan bahwa penggunaan *bored pile* sebagai perkuatan memberikan kontribusi signifikan terhadap kestabilan lereng dan dapat menjadi solusi teknis yang efektif untuk kawasan rawan longsor.

**KATA KUNCI:** Stabilitas Lereng; Longsor; *Finite Element Method*; *Bored Pile*

### 1 PENGANTAR

Sulawesi Tengah merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki geografi kompleks dengan beragam bentang alam seperti pegunungan, dataran tinggi, dan kawasan pesisir. Sekitar 25,9% wilayahnya berada di atas 1.000 meter di atas permukaan laut, menunjukkan dominasi topografi bergunung dan berbukit [1]. Keanekaragaman bentuk lahan ini memberikan potensi sumber daya alam yang melimpah, namun sekaligus menjadikan wilayah ini rentan terhadap bencana alam, khususnya tanah longsor. Risiko longsor semakin meningkat, terutama di daerah pegunungan dan lereng curam yang mengalami curah hujan tinggi serta aktivitas deforestasi yang merusak kestabilan tanah. Kondisi ini secara langsung mempengaruhi ketahanan infrastruktur, keselamatan masyarakat, dan kelangsungan kegiatan ekonomi di kawasan tersebut.

Dalam rangka mengurangi potensi terjadinya longsor, diperlukan kajian dan analisis terhadap stabilitas lereng pada ruas jalan Paleleh–Lokodoka KM 685+100. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam mewujudkan

pembangunan infrastruktur yang lebih kuat dan berkelanjutan, sekaligus menekan risiko kerugian baik secara material maupun non-material akibat bencana longsor. Selain itu, studi ini memiliki peran penting dalam memberikan rekomendasi teknis untuk perencanaan serta pelaksanaan langkah-langkah mitigasi yang responsif terhadap kondisi geografis dan lingkungan di wilayah Sulawesi Tengah.

### 2 TINJAUAN PUSTAKA

**Masalah Stabilitas Lereng.** Kestabilan lereng dipengaruhi oleh faktor geometri lereng, karakteristik fisik dan mekanik material pembentuk lereng, air (hidrologi dan hidrogeologi), struktur bidang lemah batuan (lokasi, arah, frekuensi, karakteristik mekanik), tegangan alamiah dalam massa batuan, konsentrasi tegangan lokal, getaran (alamiah; gempa; perbuatan manusia; efek peledakan; dan efek lalu lintas alat-alat berat), iklim, hasil perbuatan pekerja tambang, serta pengaruh termik. Kenyataan di lapangan memang memperlihatkan bahwa masalah ketidakstabilan lereng yang timbul dapat diakibatkan oleh faktor-faktor tersebut. Oleh karena itu, faktor-faktor ini perlu mendapatkan perhatian agar kondisi lereng dapat dijaga kestabilannya [2].



Gambar 1 Lokasi Penelitian

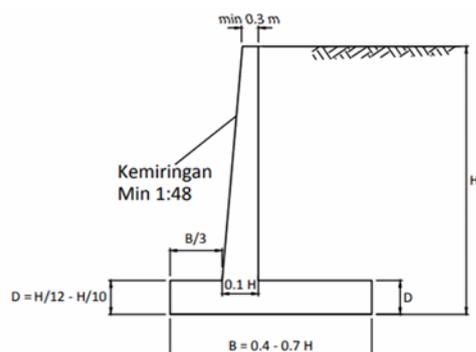
**Gerakan Massa dan Longsor** [3]. Memahami bahwa longsor adalah gerakan massa tanah atau batuan pada bagian lereng yang potensial. Bidang kritis menjadi peluang terjadinya longsor yang bergerak melorot membawa material berupa tanah, batuan, dan campuran material lainnya. Apabila terjadi gerakan sangat berlebihan pada lereng, maka disebut tanah longsor (*landslide*). Pada daerah perbukitan yang beriklim tropis sering terjadi bencana longsor.

**Jenis dan Macam Tanah Longsor.** Ada 6 jenis tanah longsor, yakni: longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan. Jenis longsor translasi dan rotasi paling banyak terjadi di Indonesia. Sedangkan longsor yang paling banyak memakan korban jiwa manusia adalah aliran bahan rombakan. Lereng yang tidak stabil akan mengalami longsor sampai lereng tersebut menemukan keseimbangan yang baru dan menjadi stabil. Macam-macam longsor yang sering terjadi adalah longsor busur, longsor bidang, longsor baji dan longsor guling serta longsor kombinasi dari keempat jenis longsor yang telah disebutkan sebelumnya (longsor kompleks).

**Dinding Penahan Tanah Kantilever.** Dinding penahan tanah atau *Retaining Wall* berfungsi sebagai bangunan konstruksi yang

menahan keruntuhan dan terlepasnya massa tanah pada kondisi tanah yang miring. Tekanan yang terjadi di dalam tanah dapat memberikan dorongan pada dinding sehingga dinding memiliki potensi terguling dan pergeseran. Berat dari dinding baik dari depan maupun dari belakang sangat berpengaruh terhadap kestabilan dinding penahan tanah. Salah satu jenis dinding penahan tanah yang umum digunakan adalah dinding tipe kantilever, yang dibangun menggunakan struktur beton bertulang. Berdasarkan kestabilan dinding jenis ini bergantung pada berat tanah yang berada di atas pelat dasar (*base slab*), sehingga desain dimensi untuk bagian batang vertikal (*stem*) dan pelat dasar dapat dibuat relatif tipis. Dinding tipe kantilever umumnya diaplikasikan pada konstruksi dengan tinggi maksimal hingga 8 meter. Dalam proses perencanaannya, perlu juga diperhitungkan kondisi tanah di bawah struktur, karena fondasi dinding harus diletakkan pada tanah dengan daya dukung yang mencukupi. Untuk menghindari kegagalan akibat geseran pada bagian depan dinding, biasanya digunakan tiang pancang tanpa sambungan langsung dengan pelat dasar [4].

**Perkuatan Dinding Penahan Tanah dengan Pondasi Tiang Bor (*Bored Pile*).** Bentuk perkuatan yang digunakan pada stabilitas lereng adalah dengan memilih dinding penahan tanah sebagai alternatif baik bagi



Gambar 2 Tipikal Dimensi Dinding Penahan Tanah

lereng tebing maupun lereng bawah jalan. Kegagalan dinding penahan tanah juga terkadang karena tanah di dasar kaki struktur dinding tidak stabil, oleh karena itu perkuatan dengan tiang bor pada dinding penahan tanah diperlukan untuk mencegah dinding mengalami geser dan guling. Perhitungan struktur pondasi tiang bor mencakup rangkaian perhitungan daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser yang diperoleh dari daya dukung gesek (*friction capacity*) atau gaya adhesi antara tiang bor dan kelilingnya. Tiang bor berhubungan langsung dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang dapat menahan dan memberi keamanan kepada beban di atasnya. Proses yang dapat menghasilkan perhitungan daya dukung tiang bor yang akurat maka perlu dilakukan penyelidikan tanah yang akurat [5].

### 3 LANDASAN TEORI

**Finite Element Method (FEM).** *Finite element analysis* (FEA) adalah suatu cara atau metode numeris untuk mendapatkan penyelesaian dari persamaan diferensial maupun persamaan integral. Penyelesaian persamaan diferensial didasarkan pada penyederhanaan persamaan diferensial yang kompleks dan banyak menjadi persamaan diferensial biasa, kemudian diselesaikan dengan mengintegrasikan secara numeris dengan menggunakan metode Euler atau Runge-Kutta. Dalam FEA, obyek baik berupa luasan (2D) maupun volume (3D) dipecah menjadi elemen kecil-kecil kemudian dengan memasukkan nilai

batasan (biasanya pada permukaan) dan nilai awal (sebagai *trial and error*) pada rumus-rumus yang ada (misalnya persamaan diferensial). Perhitungan seperti itu dilakukan berulang-ulang (iterasi) sehingga diperoleh hasil yang tepat (masuk toleransi). Perhitungan ini bila dilakukan secara manual akan sulit dan memerlukan waktu yang lama, namun dengan bantuan sebuah komputer, perhitungan menjadi mudah dan cepat. Dengan perkembangan komputer yang pesat, maka bermunculan banyak *software* FEA untuk membantu merancang suatu komponen dan sistem.

**Stabilitas Dinding Penahan Tanah.** Salah satu faktor yang mempengaruhi stabilitas dinding penahan tanah adalah konsolidasi, dimana kondisi ini tanah mengalami pengurangan volume yang diakibatkan oleh tanah berubah menjadi jenuh sehingga permeabilitas menjadi rendah akibat aliran air pori atau dalam definisi lainnya konsolidasi adalah proses tanah mengalami penurunan seiring menerima beban di atasnya. Besarnya penurunan konsolidasi dapat dihitung menggunakan perhitungan manual atau menggunakan pemodelan numerik 2D dan analisis konsolidasi sering ditinjau dalam kurun waktu 1 tahun atau 365 hari.

**Daya Dukung Tiang Bor (Bored Pile).** Daya dukung tiang bor dinyatakan sebagai kumulatif daya dukung ujung tiang (*point base*) dan gesekan antara tanah yang menyelimuti tiang bor dengan permukaan sekeliling tiang bor, perhitungan daya dukung ultimit ditunjukkan pada Persamaan berikut.

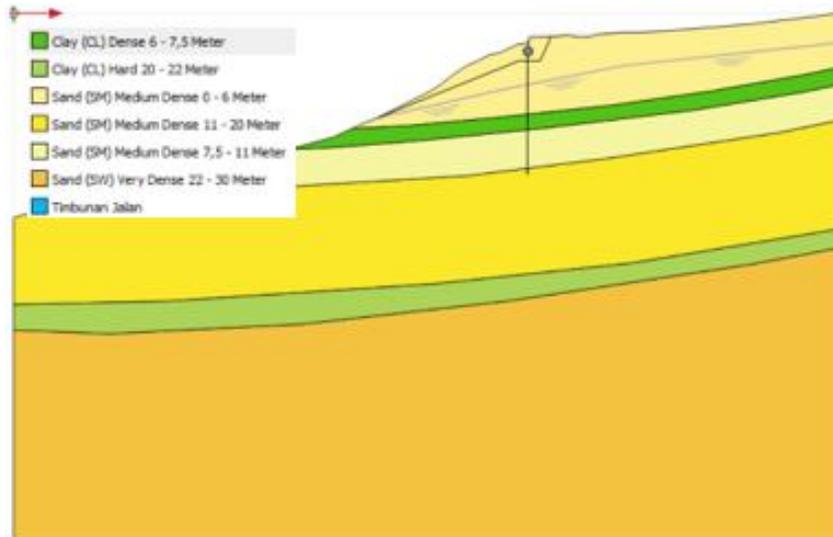
$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p$$

$$Q_b = A_b (60 \cdot N_{60} \leq 4500 \text{ kPa})$$

$$Q_s = A_s \times P'_{o \text{ rata-rata}} \times \beta$$

Dimana:  $Q_u$  = Daya dukung ultimit (kN),  $Q_b$  = Tahanan ujung ultimit tiang (kN),  $A_b$  = Luas penampang ujung tiang ( $m^2$ ),  $N_{60}$  = Rata-rata statistik nilai SPT antara ujung bawah tiang bor sampai  $2d_b$  di bawahnya,  $d_b$  = Diameter ujung bawah tiang bor (m),  $Q_s$  = Tahanan gesek ultimit antara tanah dan tiang bor (kN),  $W_p$  = Berat tiang bor (kN),  $N$  = Nilai N SPT





Gambar 5 Model Geometri Pemodelan Numerik 2D

Tabel 1 Parameter Tanah

No	Jenis tanah	N-SPT	Material model	$\gamma_b$	$\gamma_{sat}$	$\phi$	$c'$	$E$	$\nu$
				kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	°	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	
1	Sand SM (0-6 m)	10	MC	14,00	16,90	29,18	0,880	10,81E3	0,30
2	Clay CL (6-7,5 m)	14	MC	13,50	16,90	21,95	28,04	8618	0,25
3	Sand SM (7,5-11 m)	25	MC	13,80	17,00	31,52	11,96	11,95E3	0,30
4	Sand SM (11-20 m)	53	MC	14,10	16,50	32,49	12,54	23,62E3	0,25
5	Clay CL (20-22 m)	58	MC	13,70	16,90	21,24	21,28	36,39E3	0,25
6	Sand SW (22-30 m)	>60	MC	14,40	16,50	30,54	0,186	50,00E3	0,25
7	Tanah Timbunan		MC	15,00	16,00	30,00	5,000	30,00E3	0,30

Tabel 2 Parameter Dinding Penahan Tanah

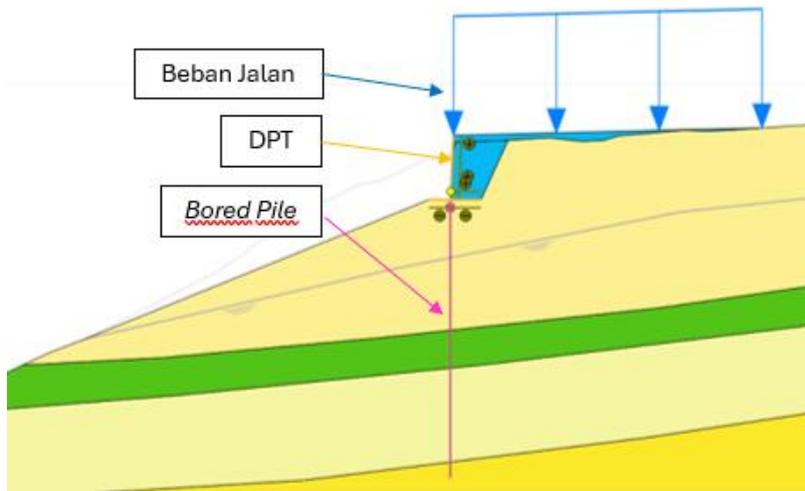
No	Jenis tanah	Material Type	$\gamma$	$E_A$	$E_i$	$\nu$	$d$
			kN/m/m	kN/m	kN m <sup>2</sup> /m		m
1	Dinding Beton	Elastic	9,60	10,30E6	137,3E3	0,20	0,4
2	Footing Beton	Elastic	12,00	12,87E6	286,2E3	0,20	0,5

Tabel 3 Parameter Tiang Bor (Bored Pile)

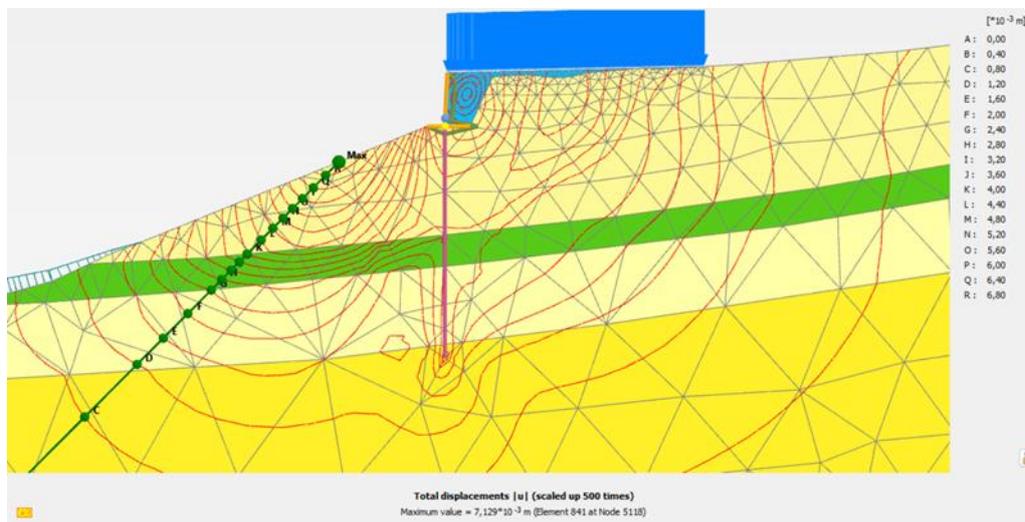
Model	<i>Embedded Beam Row</i>
E (kN/m <sup>2</sup> )	25,74E6
D (m)	0,60
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	24
Beam Type	<i>Predefined</i>
Predefined beam type	<i>Massive circular beam</i>
$L_{spacing}$ (m)	1,2
Axial skin Resistance	Linear
$T_{skin, start, end}$ (kN/m)	1
$T_{skin, start, end}$ (kN/m)	186,9
Base Resistance (kN)	1391,516

pokok 19 mm, mutu beton ( $f_c'$ ) 30 MPa serta panjang tiang 9,50 meter.

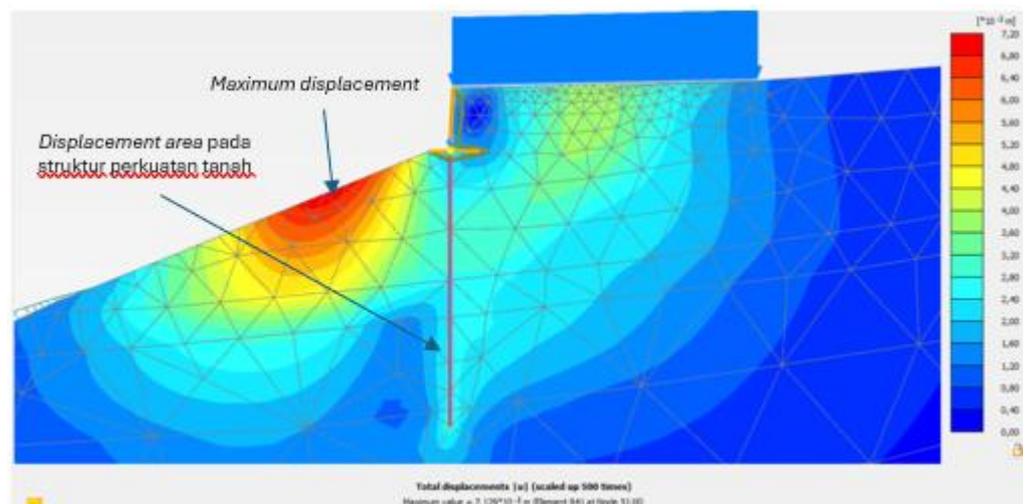
**Analisis FEM.** Analisis dilakukan menggunakan pemodelan numerik 2D. Dalam analisis diperlukan Geometri, data



Gambar 6 Geometri Pemodelan menggunakan Perkuatan DPT Bored Pile



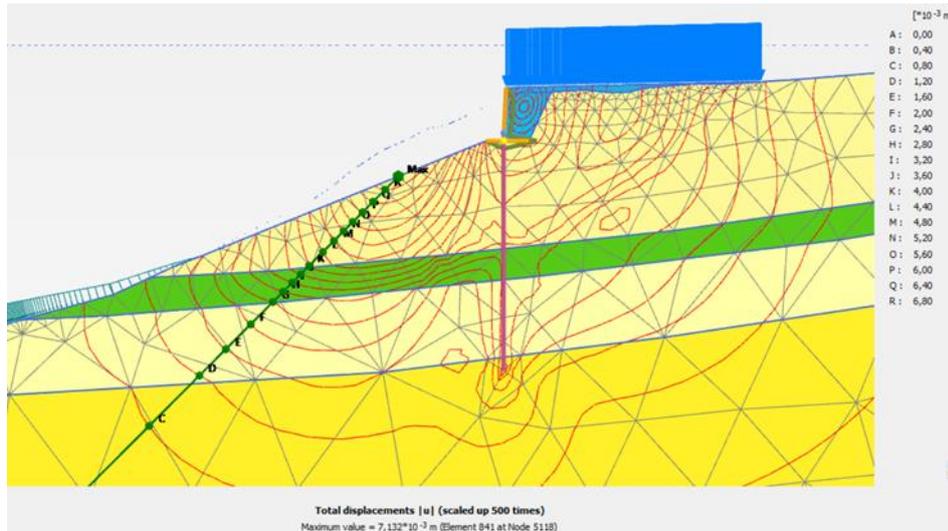
Gambar 7 Total Displacement Phase Traffic Load (Contour Line)



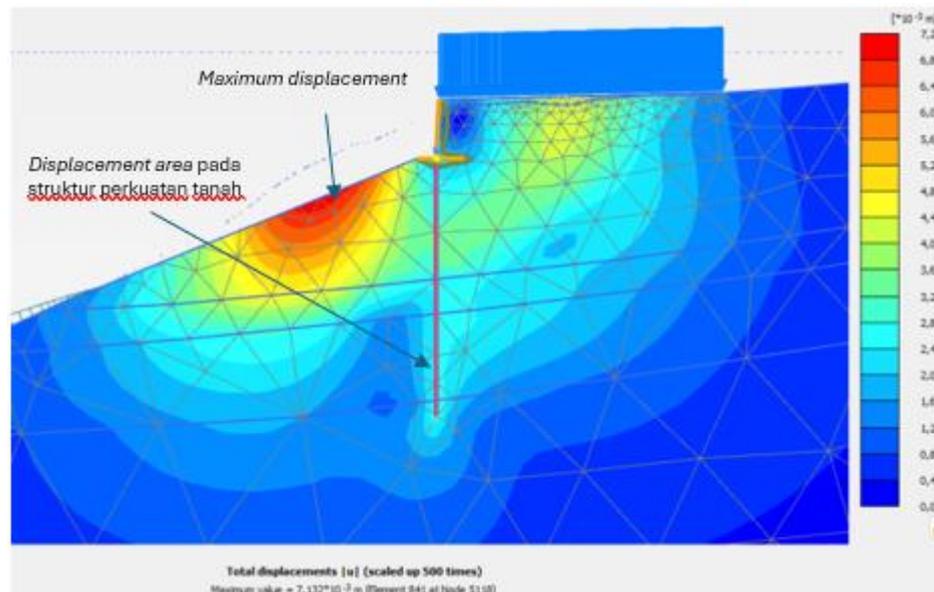
Gambar 8 Total Displacement Phase Traffic Load (Shadings)

parameter tanah, material dan beban yang bekerja.

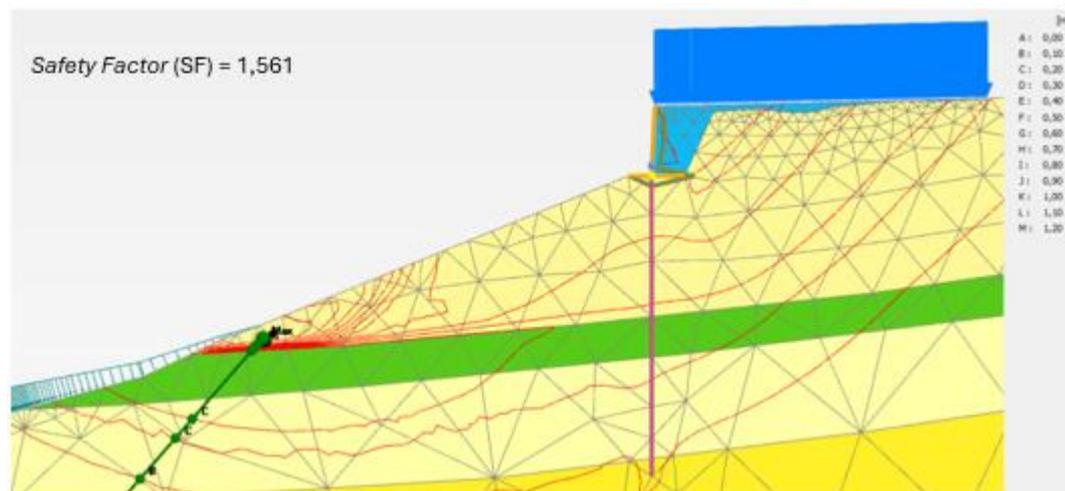
Adapun parameter tanah yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 sampai Tabel 3.



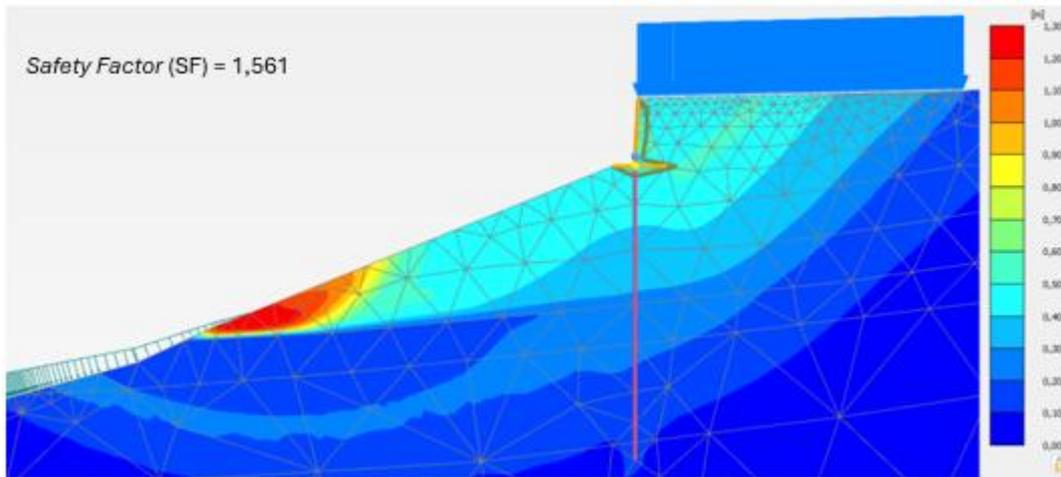
Gambar 9 Total Displacement Phase Beban Gempa (Contour Line)



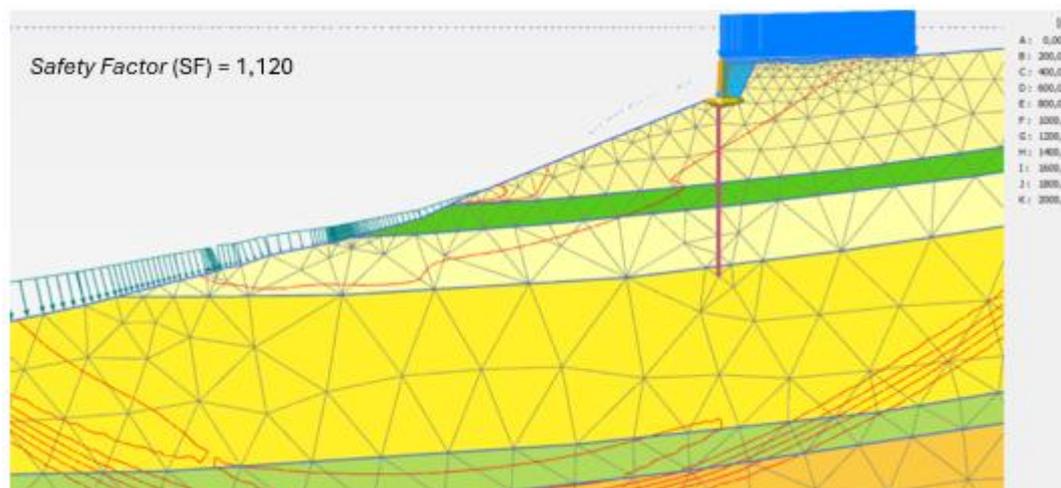
Gambar 10 Total Displacement Phase Beban Gempa (Shadings)



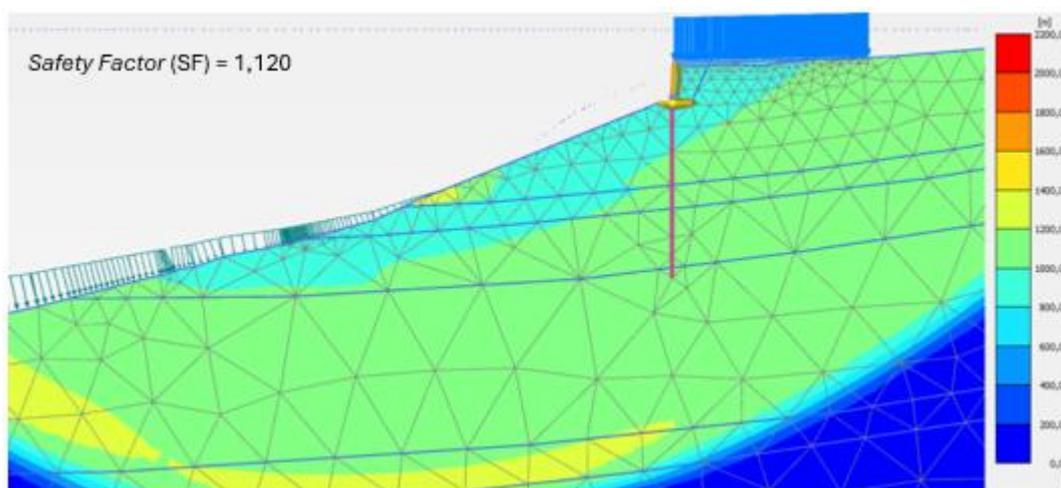
Gambar 11 Angka Aman (SF) Kondisi Layan (Contour Line)



Gambar 12 Angka Aman (SF) Kondisi Layan (*Shadings*)



Gambar 13 Angka Aman (SF) Beban Gempa (*Contour Line*)



Gambar 14 Angka Aman (SF) Beban Gempa (*Shadings*)

Hasil Analisis Pemodelan Numerik 2D. Hasil analisis dari pemodelan numerik 2D bisa dilihat pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 14.

Pembahasan Analisis. Berdasarkan analisis menggunakan pemodelan numerik 2D, diperoleh hasil *maximum total displacement* pada *phase traffic load* 7,129 cm dan pada *phase beban gempa* 7,132 cm

Tabel 4 Rekapitulasi Angka Aman (SF)

No	Tahapan	Jenis Beban	Angka Aman (SF)	Syarat Angka Aman (SF) SNI 8460-2017	Ket.
1	Kondisi Layan	Traffic Load	1,561	1,5	OK
2	Kondisi Gempa	Gempa	1,120	1,1	OK

yang dilihat pada *shading* warna merah terletak di luar perkuatan DPT dan *Bored Pile*, untuk deformasi di area perkuatan struktur hanya berkisar 2,40 – 2,80 cm. Sedangkan hasil analisis angka aman (SF) dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan perhitungan manual berdasarkan standar (SNI 8460-2017 pasal 10.2.5.3) diperoleh hasil stabilitas geser (SF) sebesar  $4.87 > 2$ , stabilitas guling (SF) sebesar  $3,33 > 1,5$ , dan kapasitas daya dukung ijin sebesar  $73,47 \text{ kN/m}^2 > 130,0 \text{ kN/m}^2$ . Hal ini menunjukkan bahwa analisis FEM dan perhitungan manual menunjukkan desain dinding penahan tanah dengan perkuatan tiang bor dapat digunakan sebagai alternatif stabilitas lereng.

## 5 KESIMPULAN

Penggunaan dinding penahan tanah tipe kantilever dengan perkuatan *bored pile* efektif dalam meningkatkan kestabilan lereng pada ruas jalan Paleleh–Lokodoka KM 685+100. Hasil analisis menggunakan *Finite Element Method* (FEM) dengan pemodelan numerik 2D menunjukkan nilai faktor keamanan (SF) sebesar 1,561 pada beban lalu lintas dan 1,120 pada beban gempa, keduanya memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan oleh SNI 8460-2017. Perhitungan manual terhadap stabilitas geser, stabilitas guling, dan daya dukung tanah juga menunjukkan hasil yang melebihi batas minimum persyaratan, memperkuat validitas desain yang direncanakan. Perkuatan *bored pile* secara signifikan mengurangi deformasi horizontal dan total *displacement* pada lereng, sehingga memberikan kontribusi terhadap keamanan dan keberlanjutan infrastruktur jalan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sunardi, N. Anggraini, S. Alfiandy and A. F. Ilahi, "Identifikasi Tingkat Kerawanan Tanah Longsor di Provinsi Sulawesi Tengah," *Buletin GAW Bariri*, vol. 3, no. 2, pp. 47-57, 2022.
- [2] S. Yurizki, "Analisis Kestabilan Lereng Tambang Andesit Analisis Kestabilan Lereng Tambang Andesit," Teknik Pertambangan ITSB, Deltamas, 2020.
- [3] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah 2*, Yogyakarta: UGM Press, 2018.
- [4] BSN, "SNI 8460:2018 Persyaratan Perancangan Geoteknik," BSN, Jakarta, 2017.
- [5] F. E. Lumempouw, J. B. Mangare and P. A. K. Pratahis, "Metode Pelaksanaan Konstruksi Pekerjaan Pembuatan Pondasi Bore Pile Gedung Luwansa Hotel & Conventions Manado Sulawesi Utara," *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, vol. 13, no. 1, pp. 25-36, 2023.





## Pengaruh Pengetahuan dan Sikap terhadap Perilaku Tenaga Kerja dalam Penerapan K3 pada Pekerjaan Drainase (Studi Kasus Pekerjaan Drainase JLN. Keputih Tegal Timur, Surabaya)

William Arrang Sarungallo\*<sup>1</sup>, Fritswel Ratmady Payung<sup>1</sup>, Clara Zenicha Lioni<sup>1</sup>, Andi Rizal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu, Jalan Soekarno Hatta

\*Penulis korespondensi: will.william.lfc@gmail.com

DISUBMIT 29 Mei 2025

DIREVISI 17 Juni 2025

DITERIMA 19 Juni 2025

**ABSTRAK** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pengetahuan dan sikap terhadap perilaku tenaga kerja pada proyek konstruksi, dengan studi kasus pada proyek drainase *U-Ditch*. Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan pendekatan *Partial Least Squares Structural Equation Modeling* (PLS-SEM) menggunakan *software* WarpPLS. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pengetahuan (X1) dan sikap (X2), sedangkan variabel terikat adalah perilaku tenaga kerja (Y). Data dikumpulkan melalui kuesioner dengan jumlah responden sebanyak 11 orang. Hasil analisis menunjukkan bahwa sikap berpengaruh positif dan signifikan terhadap perilaku tenaga kerja dengan koefisien jalur sebesar 0,802 dan *p-value* < 0,001. Sebaliknya, pengetahuan memiliki pengaruh positif namun tidak signifikan terhadap perilaku tenaga kerja, dengan koefisien jalur sebesar 0,180 dan *p-value* sebesar 0,252. Nilai *R-squared* sebesar 0,94 menunjukkan bahwa kombinasi variabel pengetahuan dan sikap mampu menjelaskan 94% variasi perilaku tenaga kerja. Temuan ini menegaskan pentingnya penguatan pengetahuan dan sikap sebagai faktor kunci dalam membentuk perilaku kerja yang produktif di lapangan konstruksi.

**KATA KUNCI:** Perilaku; Pengetahuan; Sikap; K3 Konstruksi; WarpPLS

### 1 PENGANTAR

Industri konstruksi tergolong sebagai sektor dengan tingkat risiko kecelakaan kerja yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh karakteristik pekerjaan konstruksi yang khas, seperti kondisi proyek yang bervariasi, lokasi kerja yang selalu berubah dan terbuka terhadap pengaruh cuaca, waktu pelaksanaan yang seringkali terbatas, serta sifat pekerjaan yang dinamis dan menuntut stamina fisik yang kuat. Selain itu, tingginya keterlibatan tenaga kerja yang belum terlatih turut menjadi faktor utama penyebab kecelakaan kerja di sektor ini [1]. Oleh karena itu, sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (K3) yang efektif sangat penting untuk meminimalkan risiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja [2].

Pekerjaan drainase *U-Ditch*, yang melibatkan penggalian tanah dan pemasangan beton pracetak, memiliki potensi bahaya yang signifikan. Risiko seperti longsor galian, tertimpa material, dan cedera akibat alat berat sering terjadi jika prosedur K3 tidak diterapkan dengan benar. Kurangnya pengetahuan tenaga kerja terhadap risiko ini dapat meningkatkan

kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja [3].

Pengetahuan tenaga kerja terhadap prinsip-prinsip Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) mencerminkan seberapa baik mereka mengenali potensi bahaya, memahami prosedur keselamatan, serta mampu mengambil tindakan pencegahan yang tepat. Pengetahuan K3 tidak hanya terbatas pada teori, tetapi juga mencakup kemampuan dalam menerapkannya di lapangan [4]. Pengetahuan yang baik terhadap K3 berkorelasi positif dengan perilaku kerja yang aman dan nantinya akan menurunkan tingkat kecelakaan kerja secara signifikan. Oleh karena itu, meningkatkan literasi K3 di kalangan tenaga kerja konstruksi menjadi langkah penting dalam membentuk budaya keselamatan yang berkelanjutan [5].

Namun, dalam praktiknya, masih banyak tenaga kerja konstruksi yang belum sepenuhnya memahami dan menerapkan prinsip-prinsip K3. Faktor-faktor seperti rendahnya tingkat pendidikan, kurangnya pelatihan, dan minimnya pengawasan

menjadi penyebab utama rendahnya kesadaran akan pentingnya K3 di lapangan.

Standar internasional seperti OHSAS 18001 dan ISO 45001 memberikan kerangka kerja untuk sistem manajemen K3 yang dapat diadopsi oleh perusahaan konstruksi. Implementasi standar ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat, serta meningkatkan kinerja keselamatan secara keseluruhan. Namun, keberhasilan implementasi sangat bergantung pada pengetahuan dan komitmen seluruh tenaga kerja, mulai dari manajemen hingga pekerja lapangan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh antara pengetahuan dan sikap tenaga kerja konstruksi, khususnya mandor, tukang, dan pekerja, terhadap perilaku penerapan K3 pada pekerjaan drainase U-Ditch. Dengan menggunakan pendekatan kuantitatif, penelitian ini akan mengidentifikasi pengaruh antara 2 variabel bebas dan 1 variabel terikat tersebut. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi untuk meningkatkan efektivitas program K3 di sektor konstruksi.

Dengan memahami sejauh mana tenaga kerja konstruksi menyadari pentingnya K3 dan bagaimana mereka menerapkannya dalam pekerjaan sehari-hari, perusahaan dapat merancang strategi pelatihan dan pengawasan yang lebih efektif. Hal ini tidak hanya akan meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja, tetapi juga produktivitas dan kualitas hasil konstruksi secara keseluruhan [6].

## 2 METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis *Partial Least Squares Structural Equation Modeling* (PLS-SEM) menggunakan *software WarpPLS* versi 8.0. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pengetahuan (X1) dan Sikap (X2) tenaga kerja terhadap Penerapan K3 (Y) pada pekerjaan konstruksi, dengan studi kasus pada proyek drainase U-Ditch.

**Responden.** Jumlah responden dalam penelitian ini adalah sebanyak 11 orang tenaga kerja yang terlibat langsung dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi pada proyek drainase U-Ditch. Seluruh responden dipilih dengan menggunakan teknik total sampling, karena jumlah populasi yang memenuhi kriteria dalam proyek tersebut relatif terbatas dan memungkinkan untuk dijadikan sampel secara keseluruhan. Meskipun jumlah responden tergolong kecil, pendekatan ini masih dianggap sesuai dalam penggunaan metode *Partial Least Squares Structural Equation Modeling* (PLS-SEM) menggunakan perangkat lunak WarpPLS, yang secara metodologis lebih toleran terhadap ukuran sampel kecil [7]. Namun demikian, hasil penelitian ini tidak dimaksudkan untuk digeneralisasi secara luas, melainkan difokuskan pada penggambaran hubungan antar variabel dalam konteks spesifik proyek yang diteliti.

**Pengumpulan Data.** Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara pengisian Kuisisioner. Kuisisioner berisi tentang pernyataan yang meliputi: 1) Pengantar yang berisi topik penelitian dan tujuan penelitian; 2) Data Umum responden, yang berisi nama, jenis kelamin, usia, pendidikan terakhir dan lama pengalaman bekerja; 3) Pertanyaan yang khusus ditujukan untuk tenaga kerja di proyek drainase tersebut; 4) Data penilaian responden, berisi penilaian dari responden untuk menilai pengetahuan dan sikap tenaga kerja terhadap perilaku dalam penerapan K3 di lokasi pekerjaan.

**Variabel Penelitian.** Variabel yang dianalisis dalam penelitian ini adalah pengetahuan dan sikap sebagai variabel independen atau disimbol dengan X serta perilaku tenaga kerja sebagai variabel dependen atau disimbol dengan Y. Dalam variabel-variabel yang akan dianalisis terdapat indikator yang digunakan sebagai landasan untuk menyusun kuisisioner. Tabel 1 memperlihatkan indikator-indikator dalam variabel tersebut.

Semua variabel dalam penelitian ini diukur dengan menggunakan skala likert dimana memiliki tingkatan nilai dari sangat positif

Tabel 1 Indikator Penelitian

No.	Variabel Pengetahuan (X1)	Variabel Sikap (X2)	Variabel Perilaku (Y)
1	Memahami risiko kecelakaan kerja	Bersedia menggunakan APD	Menggunakan helm keselamatan
2	Mengetahui prosedur penggunaan APD	Kenyamanan menggunakan APD	Memeriksa kondisi peralatan
3	Memahami pentingnya rambu keselamatan	Mengikuti pelatihan K3	Melaporkan kondisi lingkungan kerja yang berbahaya
4	Mengetahui langkah-langkah evakuasi	Pentingnya melaporkan potensi bahaya	Mengikuti briefing keselamatan
5	Memahami prosedur penanganan pertama pada kecelakaan kerja ringan	Percaya bahwa penerapan K3 untuk pencegahan kecelakaan kerja	Menggunakan APD

Tabel 2 Jenis Kelamin Responden

No	Jenis Kelamin	Frekuensi	Presentase (%)
1	Laki-laki	11	100
2	Perempuan	0	0
	<b>Total</b>	11	100

Tabel 3 Usia Responden

No	Usia (tahun)	Frekuensi	Presentase (%)
1	< 17	0	0
2	17 – 25	2	18.18
3	26 – 45	7	63.64
4	> 45	2	18.18
	<b>Total</b>	11	100

Tabel 4 Pendidikan Terakhir

No	Pendidikan	Frekuensi	Presentase (%)
1	SD	0	0
2	SMP	3	27.27
3	SMA	8	72.73
4	Diploma	0	0
5	Sarjana	0	0
	<b>Total</b>	11	100

hingga sangat negatif. Ada lima alternatif jawaban dan bobot skor dalam skala likert, yaitu 5 (Sangat Benar), 4 (Benar), 3 (Ragu-ragu), 2 (Tidak Benar), dan 1 (Sangat Tidak Benar).

**Metode Analisis Data.** Dalam penelitian ini pengujian dilakukan dengan menggunakan metode analisis SEM-PLS dengan bantuan program WarpPLS 8.0 menggunakan dua model yaitu evaluasi model pengukuran

(*Outer Model*) dimana evaluasi ini lebih kearah untuk menguji validitas dan reliabilitas serta evaluasi model struktural (*Inner Model*) dimana evaluasi ini lebih kearah regresi untuk menilai pengaruh satu variabel dengan variabel lainnya.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

**Data Umum Responden.** Dalam penelitian ini, kuisioner diberikan kepada 11 responden yang adalah tenaga kerja yang

Tabel 5 Lama Pengalaman Bekerja

No	Lama Bekerja	Frekuensi	Presentase (%)
1	< 1 tahun	0	0
2	1 – 5 tahun	4	36.36
3	6 – 10 tahun	5	45.45
4	11 – 15 tahun	2	18.19
5	> 15 tahun	0	0
	<b>Total</b>	11	100

Tabel 6 Output Cross Loading

Variabel	Indikator	Nilai Cross Loading	Keterangan
Pengetahuan (X1)	X1.1	0.874	Valid
	X1.2	0.699	Valid
	X1.3	0.786	Valid
	X1.4	0.684	Valid
	X1.5	0.891	Valid
Sikap (x2)	X2.1	0.891	Valid
	X2.2	0.654	Valid
	X2.3	0.931	Valid
	X2.4	0.783	Valid
	X2.5	0.891	Valid
Perilaku (Y)	Y1	0.814	Valid
	Y2	0.817	Valid
	Y3	0.703	Valid
	Y4	0.798	Valid
	Y5	0.876	Valid

terlibat langsung dalam pelaksanaan pekerjaan di lokasi.

1) Jenis Kelamin Responden. Dari 11 responden, semuanya berjenis kelamin laki-laki.

2) Usia Responden. Usia dikelompokkan menjadi 4 bagian, yaitu 17-25 tahun, 26-45 tahun, 46-65 tahun, dan 65 ≤ tahun. Analisis usia responden disajikan pada Tabel 3.

3) Pendidikan Terakhir. Pendidikan terakhir oleh responden terbagi menjadi 5 bagian, yaitu SD, SMP, SMA, Diploma dan Sarjana. Analisis pendidikan terakhir responden tersajikan pada Tabel 4.

4) Lama Pengalaman Bekerja. Lama pengalaman bekerja oleh responden terbagi menjadi 5 bagian, yaitu dibawah 1 tahun, 1 – 5 tahun, 6 – 10 tahun, 11 – 15 tahun, dan diatas 15 tahun. Analisis lama pengalaman bekerja responden tersajikan pada Tabel 5.

**Evaluasi Model Pengukuran (Outer Model).** Outer model dilakukan untuk melihat spesifikasi hubungan antara variabel dengan indikatornya dan variabel latennya. Pada outer model dilakukan uji validitas (*covergen validity*) dan uji reliabilitas (*composite reliability*).

1) Uji Validitas (*Convergent Validity*). Uji ini dilangsungkan untuk mengukur sah, valid atau tidaknya suatu kuesioner yang digunakan. Pengukuran yang dilakukan secara teoritis harus berkorelasi positif (Tabel 6).

Suatu indikator dinyatakan valid dan tergolong dalam kategori baik apabila nilainya >0.7. Namun, nilai *cross loading* diatas 0.5 dapat diterima atau dianggap valid [8]. Nilai *cross loading* pada tabel diatas menunjukkan nilai >0.5 sehingga seluruh indikator dari ketiga variabel dapat diterima. Pengujian validitas juga dapat

Tabel 7 Average Variant Extracted

	X1	Frekuensi	Y
Avg. var. extarc	0.626	0.699	0.646

Tabel 8 Output Latent Variable Coefficient

Variabel	Cronbach Alpha	Composite Reliability	Kriteria a	Status
X1	0.847	0.892	>0.7	Reliabel
X2	0.888	0.920	>0.7	Reliabel
Y	0.861	0.901	>0.7	Reliabel

dilihat dari Nilai AVE dengan syarat tiap indikator memiliki nilai > 0.5 sebagai model yang baik. Nilai *output AVE* diperlihatkan pada Tabel 7.

Bila dilihat pada tabel diatas, nilai AVE setiap variabel mencukupi kriteria yang dipersyaratkan yaitu > 0.5 sehingga dapat disimpulkan tiap variabel dalam penelitian ini mempunyai validitas yang baik.

2) Uji Reliabilitas (*Composite Reliability*). Uji reliabilitas digunakan untuk melihat apakah indikator yang digunakan dapat dipercaya atau dapat diandalkan. Suatu variabel dapat dikatakan memenuhi reliabel apabila memiliki nilai *composite reliability* >0.7. Reliabilitas juga dapat dilihat dari nilai *cronbach alpha* dengan nilai harus > 0.7 [8]. Pada Tabel 8 ditampilkan *output latent variable coefficient* yang menunjukkan nilai *composite reliability* dan *cronbach's alpha* pada tiap-tiap variabel dalam penelitian ini.

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai *composite reliability* dan *cronbach's alpha* telah memenuhi kriteria yaitu dengan nilai >0.7 sehingga disimpulkan bahwa semua variabel memiliki tingkat reliabilitas yang tinggi.

**Evaluasi Model Struktural (Inner Model).**

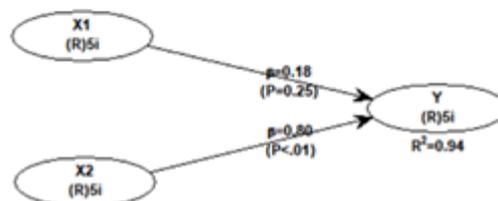
Evaluasi inner model dilakukan untuk menguji spesifikasi hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen. Dalam penelitian ini dilakukan uji hipotesis dengan melihat nilai koefisien jalur dan koefisien determinasi. Gambar 1 diperlihatkan hasil pengujian hipotesis dengan menggunakan software WarpPLS.

Berdasarkan nilai koefisien jalur yang disajikan pada digambar di atas,

pengetahuan terhadap perilaku tenaga kerja adalah 0.180 yakni bernilai positif yang berarti pengetahuan berpengaruh positif terhadap perilaku tenaga kerja. Diketahui nilai *P-values* sebesar 0.252 yang berarti nilai >0.05 sehingga dapat disimpulkan pengetahuan berpengaruh positif dan tidak signifikan terhadap perilaku tenaga kerja. Sedangkan nilai koefisien jalur sikap terhadap perilaku tenaga kerja adalah 0.802 yakni bernilai positif yang berarti sikap berpengaruh positif terhadap perilaku tenaga kerja dengan nilai *p-value* sebesar <0.001 yang berarti nilai <0.001 sehingga dapat disimpulkan sikap berpengaruh positif dan signifikan terhadap perilaku tenaga kerja.

	X1	X2	Y
X1			
X2			
Y	0.252	<0.001	

	X1	X2	Y
X1			
X2			
Y	0.180	0.802	



Gambar 1 Output Uji Hipotesis

1) Pengaruh pengetahuan terhadap perilaku tenaga kerja. Hasil uji menunjukkan bahwa variabel Pengetahuan (X1) memiliki pengaruh positif terhadap Perilaku Tenaga

Kerja (Y) dengan koefisien jalur ( $\beta$ ) sebesar 0.180. Meskipun arah pengaruhnya positif, nilai *P-value* sebesar 0.252 ( $> 0.05$ ) menunjukkan bahwa pengaruh tersebut tidak signifikan secara statistik. Artinya, peningkatan pengetahuan belum tentu diikuti oleh perubahan perilaku tenaga kerja yang cukup berarti dalam konteks proyek drainase *U-Ditch* ini. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya ukuran sampel yang kecil ( $n=11$ ) yang berdampak pada rendahnya *power* statistik, variasi respons yang relatif rendah di antara responden atau adanya faktor perantara lain yang belum diteliti yang mempengaruhi efektivitas pengetahuan terhadap perilaku kerja. Hasil tidak signifikan dalam PLS-SEM, terutama pada sampel kecil, tidak serta merta meniadakan adanya hubungan substantif. Oleh karena itu, meskipun tidak signifikan secara statistik, arah hubungan positif tetap memberikan indikasi awal bahwa pengetahuan dapat berkontribusi terhadap perilaku tenaga kerja, meskipun dalam penelitian ini belum terbukti secara meyakinkan [7].

2) Pengaruh sikap terhadap perilaku tenaga kerja. Sebaliknya, variabel Sikap ( $X_2$ ) menunjukkan pengaruh yang positif dan signifikan terhadap perilaku tenaga kerja, dengan koefisien jalur sebesar 0,802 dan nilai *P-value*  $< 0.001$ . Nilai ini menunjukkan bahwa semakin positif sikap tenaga kerja terhadap pekerjaannya, maka semakin baik pula perilaku kerja yang ditunjukkan. Pengaruh yang signifikan ini menunjukkan bahwa sikap merupakan faktor kunci dalam membentuk atau mempengaruhi perilaku kerja tenaga kerja di lapangan.

Pada Gambar 1 juga menyajikan nilai *r-squared* (koefisien determinasi). Nilai *r-square* merupakan suatu nilai yang menyatakan seberapa besar variabel bebas mampu menjelaskan *variance* dari variabel terikat. Diketahui nilai *r-squared* adalah 0.94, yang berarti variabel bebas yaitu pengetahuan dan sikap mampu menjelaskan *variance* dari variabel terikat yaitu perilaku tenaga kerja sebesar 94%.

Nilai *R-squared* ( $R^2$ ) sebesar 0.94 menunjukkan bahwa 94% variabilitas dalam perilaku tenaga kerja (Y) dapat dijelaskan oleh kedua variabel independen, yaitu pengetahuan dan sikap. Nilai  $R^2$  yang tinggi ini menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan prediktif yang sangat kuat, meskipun hanya satu variabel yang signifikan secara statistik. Ini mengindikasikan bahwa gabungan pengetahuan dan sikap merupakan penjelas yang sangat kuat terhadap perilaku tenaga kerja, meskipun kontribusi signifikan lebih banyak diberikan oleh variabel sikap.

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan WarpPLS, dapat disimpulkan bahwa variabel sikap tenaga kerja memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap perilaku tenaga kerja dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi proyek drainase *U-Ditch*. Hal ini ditunjukkan oleh nilai koefisien jalur sebesar 0.802 dengan nilai  $P < 0.001$ , yang berarti semakin positif sikap yang dimiliki tenaga kerja, maka semakin baik perilaku kerja yang ditunjukkan. Temuan ini menegaskan bahwa sikap merupakan faktor penting yang secara nyata mampu mendorong perilaku tenaga kerja yang produktif, disiplin, dan bertanggung jawab.

Sementara itu, variabel pengetahuan menunjukkan pengaruh positif terhadap perilaku tenaga kerja dengan koefisien sebesar 0.180, namun tidak signifikan secara statistik ( $P = 0.252$ ). Artinya, peningkatan pengetahuan saja belum cukup kuat untuk secara langsung memengaruhi perilaku tenaga kerja secara nyata. Hal ini mungkin disebabkan oleh ukuran sampel yang kecil atau pengaruh variabel lain yang belum dimasukkan dalam model. Meskipun demikian, model yang dibangun memiliki nilai *R-squared* sebesar 0.94, yang berarti bahwa variabel pengetahuan dan sikap secara bersama-sama mampu menjelaskan 94% variasi dalam perilaku tenaga kerja, sehingga model ini dinilai sangat kuat secara prediktif.

Untuk meningkatkan perilaku tenaga kerja di proyek konstruksi, pihak manajemen disarankan untuk membentuk sikap kerja yang positif melalui pelatihan motivasi, pemberian penghargaan, serta menciptakan lingkungan kerja yang mendukung. Di samping itu, pengetahuan tenaga kerja terhadap tugas dan prosedur kerja juga perlu diperkuat melalui pelatihan teknis, *briefing* rutin, dan media edukatif di lapangan. Evaluasi kinerja yang dilakukan secara berkala, mencakup aspek sikap, kepatuhan, dan kerjasama tim, juga penting agar peningkatan pengetahuan dan sikap dapat dimonitor dampaknya terhadap perilaku kerja secara menyeluruh.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Rifani, E. Mulyani and R. Pratiwi, "Penerapan K3 Konstruksi Dengan Menggunakan Metode Hirarc Pada Pekerjaan Akses Jalan Masuk (Studi Kasus : Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi)," *JeLAST*, vol. 5, no. 2, pp. 1-12, 2018.
- [2] T. Awuy, P. A. K. Pratasis and J. B. Mangare, "Faktor-faktor Penghambat Penerapan Sistem Manajemen K3 Pada Proyek Konstruksi Di Kota Manado," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 5, no. 4, pp. 187-194, 2017.
- [3] M. J. D. Rahmat and R. E. Wibisono, "Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Penilaian Risk Management Pada Pekerjaan Drainase Jalan U-ditch Studi Kasus Jln.Kyai Tambak Deres," *Jurnal MITRANS*, vol. 2, no. 3, pp. 281-290, 2024.
- [4] R. A. Saraswati and W. D. Putra, "Analisis Pengaruh Pengetahuan K3 terhadap Perilaku Pekerja Konstruksi (Studi Kasus : Proyek Preservasi Jalan dan Jembatan Ruas Jalan Perintis Kota Makassar)," *Journal On Education*, vol. 5, no. 4, pp. 11734-11739, 2023.
- [5] F. Fassa and S. Rostiyanti, "Pengaruh Pelatihan K3 Terhadap Perilaku Tenaga Kerja Konstruksi Dalam Bekerja Secara Aman Di Proyek," *Architecture Innovation Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 1-14, 2020.
- [6] T. P. Maulana, A. Khamid and M. Tolani, "Analisis Pengaruh Lingkungan Kerja, Keselamatan dan Kesehatan Kerja Terhadap Produktivitas Managemen Konstruksi Dengan Metode SPSS," *Journal of Citizen Research and Development*, vol. 1, no. 2, pp. 284-290, 2024.
- [7] J. F. Hair, G. T. M. Hult, C. M. Ringle and M. Sarstedt, *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*, Sage Publishing, 2022.
- [8] I. Ghozali, *Mediasi dan Pemoderasi Dalam Analisis Statistik : Menggunakan Program IBM SPSS 25 Process Versi 3.1 & WarpPLS 6.0*, Semarang: Yoga Pratama, 2014.





## Analisis Kepadatan Lapisan Pondasi Agregat Kelas A Dengan Metode Sand Cone Di Ruas Jalan Nagambooa-Watumite Kabupaten Ende

Reineldis Miranti Mbola<sup>1</sup>, Reysha Rizki Amanda Lubis\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Widya Kartika, Surabaya, Jalan Sutorejo Prima Utara II/1

\*Penulis korespondensi: reysha@widyakartika.ac.id

DISUBMIT 30 Mei 2025

DIREVISI 17 Juni 2025

DITERIMA 19 Juni 2025

**ABSTRAK** Pada pekerjaan peningkatan jalan Nagambooa Watumite, pengerjaan pemadatan lapis pondasi agregat (LPA) kelas A diharuskan memiliki kepadatan dan daya dukung tanah yang memenuhi persyaratan. Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan kepadatan lapisan fondasi agregat kelas A adalah dengan menggunakan metode *sand cone*. Pengujian densitas tanah di tempat (lapangan) dengan alat konus pasir sesuai dengan persyaratan SNI 2828:2011, sementara pengujian kepadatan basah lapangan dikoreksi terhadap kepadatan laboratorium menggunakan persyaratan dari SNI 1976:2008. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kepadatan lapis fondasi agregat kelas A dengan metode *sand cone* di ruas jalan Nagambooa-Watumite kabupaten Ende. Hasil pengujian *Sand Cone* agregat kelas A dilakukan mulai di 11 titik pengujian mulai dari STA 1+125 hingga STA 5+125. Dari hasil analisis tersebut didapatkan rata-rata nilai kadar air yaitu 6,21%. Nilai derajat kepadatan tertinggi tercatat pada STA 3+100R, yaitu 100,23%. Sedangkan nilai kepadatan terendah ada pada STA 1+650 CL, dengan nilai 100,09%. Jika dihitung rata-ratanya, nilai kepadatan adalah 100,15%. Dari hasil yang diperoleh, diketahui bahwa sudah memenuhi spesifikasi SNI 1976:2008 yang mengharuskan kepadatan tanah minimal 95%. Oleh karena itu, pemadatan pada jalan Nagambooa-Watumite dapat dikatakan sangat baik karena telah melebihi spesifikasi minimal tersebut.

**KATA KUNCI:** Peningkatan Jalan; Pemadatan; Lapis Pondasi Agregat Kelas A; Pengujian Kepadatan

### 1 PENGANTAR

Jalan menjadi salah satu metode transportasi di darat yang difungsikan untuk menghubungkan satu daerah dengan daerah lainnya. Hal ini membuat berbagai kegiatan seperti pertumbuhan ekonomi, meningkatnya mobilitas kendaraan, serta komunikasi antar wilayah dan pemerintah bisa dilaksanakan dengan aman dan nyaman.

Di Indonesia, tepatnya di Jalan Nagambooa-Watumite yang terletak di Kabupaten Ende, kerusakan jalan disebabkan oleh tingginya intensitas curah hujan, laju pertumbuhan penduduk, serta peningkatan jumlah alat transportasi dan mobilitas barang, orang, atau jasa. Ini adalah masalah yang perlu diatasi melalui perbaikan pada sarana transportasi darat yaitu jalan. Perbaikan jalan diperlukan agar suatu daerah dapat berfungsi dengan optimal dan efisien. Salah satu cara untuk mewujudkan peningkatan jalan adalah melalui pemadatan lapisan pondasi agregat kelas A dengan menggunakan metode *sand cone* [1] [2].

Metode *sand cone* adalah teknik pengujian yang bertujuan untuk mengukur tingkat kepadatan lapisan pondasi agregat kelas A. Dalam metode ini, digunakan pasir kuarsa yang bersih, kering, keras, dan mengalir dengan baik sebagai parameter pemadatannya. Apabila lapisan pondasi agregat kelas A semakin padat, maka daya dukung tanah pun akan meningkat. Pemadatan yang dilaksanakan di jalan Nagambooa-Watumite dilakukan sesuai dengan standar spesifikasi yang berlaku, yaitu pengujian densitas tanah di lapangan menggunakan alat konus pasir, sesuai dengan persyaratan SNI 2828:2011. Selain itu, pengujian kepadatan basah lapangan dikoreksi terhadap kepadatan laboratorium berdasarkan ketentuan dari SNI 1976:2008 [3].

### 2 METODE PENELITIAN

**Pelaksanaan uji *Sand Cone*.** Pelaksanaan uji *sand cone* pada proyek ini bertumpu pada SNI 2828-2011 berikut. a) Dimensi dalam takaran (wadah atau silinder penakar) perlu sama atau sedikit lebih kecil dari diameter lubang pada pelat dasar yang

digunakan bersama konus pasir. b) Pasir yang telah digunakan dan tercampur dengan lempung dapat dimanfaatkan kembali setelah melalui proses pembersihan atau pencucian dan pengeringan jika diperlukan. c) Timbangan harus memenuhi standar sebagaimana tercantum dalam SNI 03-6414, Kelas G 20. d) Alat seperti kompor, oven, atau peralatan lain yang mampu mengeringkan sampel uji harus disiapkan. e) Saat memasukkan pasir ke dalam botol, getaran dapat mempengaruhi berat pasir yang diukur dan mengurangi akurasi. Oleh karena itu, batasi waktu antara penentuan berat pasir dan penggunaan di lapangan, karena hal ini dapat menyebabkan perubahan berat volume yang disebabkan oleh variasi kadar air atau pemadatan pasir. f) Setiap wadah atau kantong pasir memiliki koreksi konus serta faktor kalibrasi pasir yang unik. Satu set konus pasir dan pelat dasar corong konus juga mungkin memiliki berbeda koreksi konus dan berat isi. Jika Anda memiliki lebih dari satu alat konus pasir, pastikan untuk memberi tanda pada konus pasir dan pelat dasar serta mencatat faktor koreksi atau berat isi masing-masing. g) Volume minimum untuk lubang uji dalam menentukan kepadatan tanah ditunjukkan dalam Tabel Volume minimum lubang uji dan berat sampel untuk kadar air berdasarkan ukuran butir maksimum. Tabel tersebut memberikan informasi tentang berat minimum untuk sampel uji kadar air sesuai dengan ukuran butir maksimum dalam campuran tanah [4] [5].

Tahapan perhitungan *sand cone* adalah sebagai berikut: a) Kalibrasi permukaan  $W1$  : Berat sebelum,  $W2$  : Berat sesudah,  $W3$  : Berat pasir dalam corong+Plat. b) Penentuan isi lubang untuk menentukan volume lubang  $W4$  : Berat sebelum,  $W5$  : Berat sesudah,  $W6$  : Berat pasir dalam corong+Plat =  $W4 - W5$ , Berat pasir dalam lubang  $W7 = W4 - W5 - W6$ ,  $W8$ : Berat isi pasir, Volume lubang  $V = W7/W8$ . c) Penentuan kadar air  $W9$  : Berat contoh basah + tempat,  $W10$  : Berat contoh kering + tempat,  $W11$  : Berat tempat, Berat air  $W12 = W9 - W10$ , Berat contoh kering  $W13 = W10 - W11$ , Kadar air  $WT = W12/W13 \times 100\%$  d) Penentuan

kepadatan lapangan Berat contoh basah  $W14 = W9 - W11$ , Berat isi basah  $W15 = W14/V$ , Berat isi kering  $W16 = W15/(W1 + WT)$ ,  $WT$  = Berat tertahan #No.3/4, %t = Persen tertahan #No.3/4,  $SG$  = *Specific Gravity (Bulk)* #No.3/4, Kadar air bahan butiran kasar =  $WC$ ,  $PF$  = Presentase massa kering bahan butiran halus,  $PC$  = Presentase massa kering bahan butiran kasar, Kadar air bahan butiran halus  $WF$ ,  $\rho T$  = Kepadatan basah total lapangan, Kepadatan kering total lapangan  $\rho dT$ , Berat jenis curah (Bulk) kering oven bahan butiran kasar =  $Gm$ ,  $K=1000 \times Gm$ , Berat isi kering, maksimum  $G Dry$  ( $\gamma d$  laboratorium), Berat isi kering maksimum lapangan, terkoreksi ( $\gamma d$  lapangan), Derajat kepadatan ( $\rho dfk$ ).

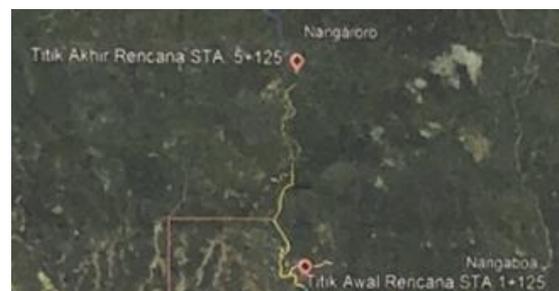
$$WF = \frac{(100 \times WT - WC \times PC)}{PF}$$

$$\rho dT = \frac{\rho T}{1 + WT}$$

$$\gamma d \text{ laboratorium} = \frac{\rho dT \times PF}{100 - \left(\frac{\rho dT \times PC}{k}\right)}$$

$$\rho dfk = \frac{\gamma d \text{ lapangan}}{\gamma d \text{ laboratorium}} \times 100\%$$

**Waktu dan Lokasi Penelitian.** *Test sand cone* di lapangan dilaksanakan pada hari Selasa, 3 September 2024. Lokasi penelitian ini berada di jalan Nagamboea-Watumite kecamatan Nagapanda tepatnya di Kabupaten Ende sepanjang 4 km.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

**Jumlah Sampel Yang Digunakan.** Ada 11 sampel yang diteliti, dimulai dari STA 1+150, STA 1+300, STA 1+500, STA 1+650, STA 2+450, STA 3+000, STA 3+500, STA 3+975, STA 4+400, STA 4+800 dan STA 5+125.

Tabel 1 Hasil Kalibrasi Permukaan

STA	Satuan	1+150 CL	1+300 L	1+500 L	1+650 CL	2+450 CL	3+000 R	3+500 L	3+975 CL	4+400 R	4+800 L	5+125 R
W1	gram	8312,8	8312,8	8312,8	8312,8	8312,8	8312,8	8312,8	8312,8	8312,8	8312,8	8312,8
W2	gram	6612,2	6612,2	6612,2	6612,2	6612,2	6612,2	6612,2	6612,2	6612,2	6612,2	6612,2
W3	gram	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6

Tabel 2 Hasil Perhitungan Penentuan Isi Lubang

STA	Satuan	1+150 CL	1+300 L	1+500 L	1+650 CL	2+450 CL	3+000 R	3+500 L	3+975 CL	4+400 R	4+800 L	5+125 R
W4	gram	8312,8	8286,4	8231,7	8185,4	7947,2	7971,1	8006,6	8039,2	8088,2	8111,5	8173,0
W5	gram	4581,3	4372,8	4342,3	4301,8	4202,6	4323,4	4051,9	4363,2	4140,4	4149,1	4372,9
W6	gram	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6	1700,6
W7	gram	2030,9	2213,0	2188,8	2183,0	2044,0	1947,1	2254,1	1975,4	2247,2	2261,8	2099,5
W8	gr/cc	1,401	1,401	1,401	1,401	1,401	1,401	1,401	1,401	1,401	1,401	1,401
V	cc	1449,61	1579,59	15662,31	1558,17	1458,96	1389,79	1608,92	1409,99	1604,00	1614,42	1498,57

Tabel 3 Hasil Perhitungan Penentuan Kadar Air

STA	Satuan	1+150 CL	1+300 L	1+500 L	1+650 CL	2+450 CL	3+000 R	3+500 L	3+975 CL	4+400 R	4+800 L	5+125 R
W9	gram	3595,3	3901,6	3872,7	3869,5	3587,2	3407,4	3925,9	3498,9	3936,7	4006,0	3679,9
W10	gram	3385,6	3672,3	3645,6	3643,3	3379,1	3208,6	3696,8	3294,0	3706,5	3771,1	3464,3
W11	gram	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W12	gram	209,7	229,3	227,1	226,2	208,1	198,8	229,1	204,9	230,2	234,9	215,6
W13	gram	3385,6	3672,3	3645,6	3643,3	3379,1	3208,6	3696,8	3294,0	3706,5	3771,1	3464,3
W14	%	6,19	6,24	6,23	6,21	6,16	6,20	6,20	6,22	6,21	6,23	6,22

**Pengujian di lapangan.** Hal yang harus dilakukan pada awal pengujian data

lapangan yakni menentukan kepadatan tanah di lapangan, sampel diambil dari 11 titik pengujian, yaitu mulai dari STA 1+150, STA 1+300, STA 1+500, STA 1+650, STA 2+450, STA 3+000, STA 3+500, STA 3+975, STA 4+400, STA 4+800, dan STA 5+125. Proses pengambilan sampelnya dilakukan dengan menggali tanah hingga kedalaman 10 cm dari permukaan alat konus pasir, yang kemudian akan diuji untuk mendapatkan nilai kepadatan tanah. Berikut adalah langkah langkah untuk melakukan pengujian *Sand Cone*: a) Isi botol uji dengan pasir kuarsa hingga penuh. b) Setelah itu, timbang botol uji yang sudah terisi pasir kuarsa. c) Siapkan plat pembatas di area yang akan diuji kepadatannya. d) Gali agregat kelas A di area yang sudah dipasang plat pembatas sedalam 10 cm. e) Bersihkan agregat kelas A yang telah digali dan letakkan ke dalam wadah *stainless*. f) Timbang sampel hasil galian. g) Saring agregat tersebut menggunakan saringan nomor 4, ukuran 4,75. h) Timbang agregat yang tertinggal dalam saringan. i) Ambil agregat yang telah lolos penyaringan sebagai sampel dan bawa ke laboratorium sesuai kebutuhan. j) Masukkan botol uji ke dalam lubang yang sudah digali dengan corong menghadap ke bawah. k) Buka keran pada botol uji dan biarkan pasir kuarsa mengisi lubang hingga penuh. l) Setelah penuh, tutup keran dan

timbang botol uji. m) Tutupi lubang bekas gali dengan agregat yang tersisa.

**Pengujian di Laboratorium.** Hasil Sampel yang telah diambil dari lokasi harus diuji di laboratorium. Pengujian sampel di laboratorium dilakukan untuk mengukur kadar air dalam tanah, yang akan digunakan untuk menentukan kepadatan kering maksimum di lapangan.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

**Hasil Uji Densitas Tanah Di Tempat (Lapangan)** dilakukan Dengan Alat Konus Pasir SNI 2828:2011 sedangkan Kepadatan Basah Lapangan Dikoreksi Terhadap Kepadatan Laboratorium SNI 1976:2008. Hasil dari pengujian densitas tanah, atau kepadatan massa tanah, memberikan informasi mengenai berat tanah kering untuk setiap unit volume tanah yang juga mencakup ruang udara. Ukuran ini sering dinyatakan dalam  $gr/cm^3$ . Kepadatan tanah bisa berbeda-beda tergantung pada jenis tanah dan cara pengelolaannya. Hasil pengujian densitas tanah yang dilakukan di lapangan adalah sebagai berikut.

**Kalibrasi Permukaan.** Kalibrasi permukaan alat *sand cone*, yang digunakan untuk mengukur kepadatan tanah dengan metode kerucut pasir, merupakan langkah penting untuk menjamin keakuratan alat tersebut. Proses ini melibatkan perbandingan antara hasil ukur dari alat *sand cone* dan standar yang telah ditentukan, agar hasil pengukuran dapat tepat dan konsisten.

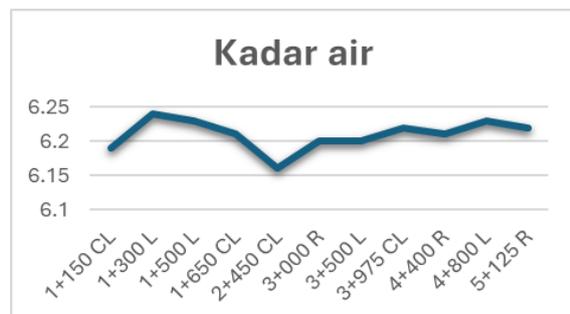
Tabel 4 Hasil Perhitungan Penentuan Kepadatan Lapangan

STA	Satuan	1+150 CL	1+300 L	1+500 L	1+650 CL	2+450 CL	3+000 R	3+500 L	3+975 CL	4+400 R	4+800 L	5+125 R
W <sub>9</sub>	gram	3595,3	3901,6	3872,7	3869,5	3587,2	3407,4	3925,9	3498,9	3936,7	4006,0	3679,9
W <sub>11</sub>	gram	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W <sub>14</sub>	gram	3595,5	3901,6	3872,7	3869,5	3587,2	3407,4	3925,9	3498,9	3936,7	4006,0	3679,9
W <sub>15</sub>	gr/cc	2,480	2,470	2,479	2,483	2,459	2,452	2,440	2,482	2,454	2,481	2,456
W <sub>16</sub>	gr/cc	2,336	2,325	2,333	2,338	2,316	2,309	2,298	2,336	2,311	2,336	2,312
W <sub>i</sub>	gram	1982,2	2052,0	2115,3	2166,1	1802,7	1642,2	1786,8	1931,8	1931,9	2217,6	1811,9
% <sub>ti</sub>	%	55,13	52,59	54,62	55,98	50,25	48,20	45,51	55,21	49,07	55,36	49,24
SG	gr/cc	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532
W <sub>c</sub>	gr/cc	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129
P <sub>F</sub>	%	44,9	47,4	45,4	44,0	49,7	51,8	54,5	44,8	50,9	44,6	50,8
P <sub>c</sub>	%	55,1	52,6	54,6	56,0	50,3	48,2	45,5	55,2	49,1	55,4	49,2
W <sub>f</sub>	%	11,01	10,65	10,99	11,21	10,08	9,85	9,48	11,09	10,01	11,13	10,06
ρ <sub>T</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	2,480	2,470	2,479	2,483	2,459	2,452	2,440	2,482	2,454	2,481	2,456
ρ <sub>dT</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	2,336	2,325	2,333	2,338	2,316	2,309	2,298	2,336	2,311	2,336	2,312
G <sub>m</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532
K	kg/cm <sup>3</sup>	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532
γ <sub>d lab</sub>	gr/cc	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129	2,129
γ <sub>d lap</sub>	gr/cc	2,132	2,132	2,132	2,132	2,133	2,134	2,133	2,133	2,131	2,131	2,132
ρ <sub>dfk</sub>	%	100,16	100,12	100,16	100,09	100,17	100,23	100,19	100,19	100,12	100,11	100,14

Tabel 1 merupakan hasil data dari kalibrasi permukaan.

**Penentuan Isi Lubang.** Penentuan isi lubang merupakan cara yang dilakukan agar dapat mengetahui seberapa banyak material agregat yang bisa dimasukkan ke dalam sebuah lubang. Tujuan menentukan kapasitas lubang adalah untuk menghitung volume dari lubang itu.

**Penentuan Kadar Air.** Penentuan kadar air menentukan kadar air adalah langkah untuk mengawasi tingkat kelembapan pada sampel sebelum melanjutkan ke tahap pengeringan. Berikut adalah merupakan cara penentuan kadar air:



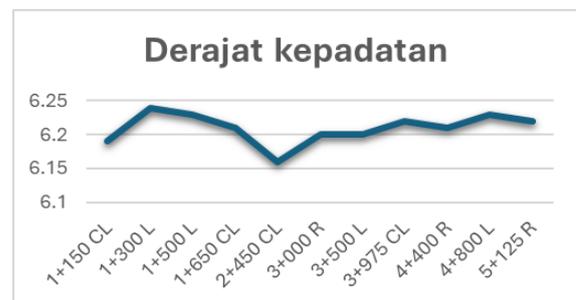
Gambar 2 Grafik Kadar Air

Rata-rata nilai kadar air = ((6,19+6,24+6,23+6,21+6,16+6,20+6,20+6,22+6,21+6,23+6,22))/11 = 6,21%.

**Penentuan Kepadatan Lapangan.** Penentuan kepadatan di lapangan merupakan langkah untuk mengetahui kerapatan tanah atau permukaan perkerasan di lokasi, biasanya setelah adanya pemadatan. Untuk menghitung kepadatan ini, dilakukan perbandingan antara berat isi kering tanah di lokasi dengan

berat isi kering tanah yang sama yang telah diuji di laboratorium.

Hasil yang diperoleh dari proses analisis menunjukkan antara momen internal dan eksternal telah mendekati syarat kesetimbangan struktur, yaitu gaya dalam sama dengan gaya luar. Perbedaan nilai yang terjadi kemungkinan besar disebabkan kesalahan dalam proses pembacaan lendutan saat pengujian balok. Perbandingan antara momen internal dan eksternal balok diperlihatkan pada Tabel 4.



Gambar 3 Grafik Derajat Kepadatan

Dari Tabel 4 di atas didapati nilai derajat kepadatan tertinggi tercatat pada STA 3+100R, yaitu 100,23%. Sedangkan nilai kepadatan terendah ada pada STA 1+650 CL, dengan nilai 100,09%. Rata-rata derajat kepadatan ((100,16+100,12+100,16+100,09+100,17+100,23+100,19+100,19+100,12+100,11+100,14))/11 = 100,15%. Perhitungan rata-rata derajat kepadatan 11 titik ukur di atas adalah 100,15% dimana data lapangan ini sudah sesuai dengan spesifikasi SNI 1976:2008, yang merekomendasikan bahwa tingkat kepadatan lapangan sebaiknya mencapai 95%.

#### 4 KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian di laboratorium dengan pengovenan di 11 lokasi, kadar air tanah rata-rata pada proyek perbaikan jalan Nagamboa-Watumite diperoleh sebesar 6,21%. Rata-rata kepadatan lapangan pada proyek perbaikan jalan Nagamboa-Watumite yang ditentukan dengan metode *sand cone* adalah 100,15%. Dengan nilai kepadatan ini, pemadatan jalan Nagamboa-Watumite dapat dinyatakan sangat baik karena sudah melebihi standar SNI 1976:2008 yang minimal adalah 95%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Rifani, E. Mulyani and R. Pratiwi, "Penerapan K3 Konstruksi Dengan Menggunakan Metode Hirarc Pada Pekerjaan Akses Jalan Masuk (Studi Kasus : Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi)," *JeLAST*, vol. 5, no. 2, pp. 1-12, 2018.
- [2] T. Awuy, P. A. K. Pratas and J. B. Mangare, "Faktor-faktor Penghambat Penerapan Sistem Manajemen K3 Pada Proyek Konstruksi Di Kota Manado," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 5, no. 4, pp. 187-194, 2017.
- [3] M. J. D. Rahmat and R. E. Wibisono, "Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Penilaian Risk Management Pada Pekerjaan Drainase Jalan U-ditch Studi Kasus Jln.Kyai Tambak Deres," *Jurnal MITRANS*, vol. 2, no. 3, pp. 281-290, 2024.
- [4] R. A. Saraswati and W. D. Putra, "Analisis Pengaruh Pengetahuan K3 terhadap Perilaku Pekerja Konstruksi (Studi Kasus : Proyek Preservasi Jalan dan Jembatan Ruas Jalan Perintis Kota Makassar)," *Journal On Education*, vol. 5, no. 4, pp. 11734-11739, 2023.
- [5] F. Fassa and S. Rostiyanti, "Pengaruh Pelatihan K3 Terhadap Perilaku Tenaga Kerja Konstruksi Dalam Bekerja Secara Aman Di Proyek," *Architecture Innovation Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 1-14, 2020.
- [6] T. P. Maulana, A. Khamid and M. Tolani, "Analisis Pengaruh Lingkungan Kerja, Keselamatan dan Kesehatan Kerja Terhadap Produktivitas Manajemen Konstruksi Dengan Metode SPSS," *Journal of Citizen Research and Development*, vol. 1, no. 2, pp. 284-290, 2024.
- [7] J. F. Hair, G. T. M. Hult, C. M. Ringle and M. Sarstedt, *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*, Sage Publishing, 2022.
- [8] I. Ghazali, *Mediasi dan Pemoderasi Dalam Analisis Statistik : Menggunakan Program IBM SPSS 25 Process Versi 3.1 & WarpPLS 6.0*, Semarang: Yoga Pratama, 2014.

