

STUDI KERETAKAN GEDUNG DAN AKSES JALAN KAMPUS POLITEKNIK PEKERJAAN UMUM DI KOTA SEMARANG

Adityo Budi Utomo^{1,*}, Agung Bhakti Utama², Laely Fitria Hidayatiningrum¹,
Andi Patiroi³

¹*Prodi Teknologi Jalan dan Jembatan, Politeknik Pekerjaan Umum, Semarang*

²*Prodi Teknologi Bangunan Gedung, Politeknik Pekerjaan Umum, Semarang*

³*Lab Geomatika, Politeknik Pekerjaan Umum, Semarang*

^{*}*Correspondent Author: budiutomoadityo@gmail.com*

Abstract

The MBH Campus, Public Works Polytechnic (PUtech) located in Semarang City began construction in 2021 - 2022 and functional in early 2023. Six months after its first operation, much damage was found to the building and access roads where there were many cracks in the walls with the same pattern and widening and collapsing in several parts of the garden and access roads that widened over time. A study was conducted to identify the cause of the damage that occurred. The study began by identifying the level of damage to the PUtech campus building and making assumptions regarding the cause of the damage. A more detailed investigation was carried out to strengthen the possibility of suspicions. The analysis was carried out based on the results of field measurements, non-destructive material tests, and soil characteristic tests on the building. The study's results showed a tendency for the building to subside to the north by 0-4 cm per year. The subsidence did not indicate conditions that were dangerous to the building structure because it occurred evenly. The base soil is in the form of cohesive inorganic clay with moderate plasticity so there is a high potential for soil expansion. The soft base soil, classified as soft soil, has the potential for consolidation up to 40 cm due to the existing building load.

Keywords: *building cracks, access roads, land subsidence, forensic engineering*

PENDAHULUAN

Bangunan gedung merupakan wujud fisik hasil konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya yang sebagian atau seluruhnya berada di atas atau di dalam tanah, air dan berfungsi sebagai tempat manusia melakukan aktivitasnya (Permen PU Nomor 16/PRT/M/2010, n.d.). seiring berjalannya waktu kondisi bangunan gedung akan mengalami penurunan fungsi sehingga diperlukan kegiatan pemeliharaan selama digunakan. Pemeliharaan bangunan gedung

merupakan kegiatan menjaga keandalan bangunan agar selalu laik fungsi (Permen PU nomor 24/PRT/M/2008). Pemeriksaan berkala bangunan gedung dilakukan secara berkala dan dokumen hasil pemeriksaan disusun menurut format baku sebagai kelengkapan dokumen perpanjangan Sertifikat Laik Fungsi (SLF).

Forensic engineering merupakan suatu teknik untuk mencari penyebab kegagalan atau cacat suatu bangunan yang didasarkan atas bukti-bukti

temuan dan hasil penyelidikan dari tim investigasi (halim, 2011) (Krishnamurthy & Natarajan, 2007). Sebagai bagian dari tuntutan hukum dan profesional untuk menentukan penyebab dari kegagalan serta sebagai bagian pembelajaran bagi desainer, kontraktor, supplier untuk mencegah kegagalan di masa mendatang. Investigasi dikumpulkan menurut persamaannya kemudian disusun menjadi sebuah rangkaian rentetan kejadian dari awal mula dibangunnya bangunan hingga kegagalannya. Semua informasi dianalisa dan ditentukan faktor penting yang menjadi penyebabnya. Kegiatan pemeliharaan bangunan merupakan kegiatan preventif atau pencegahan yang bertujuan menjaga keandalan bangunan gedung beserta sarana dan prasaranya serta mempertahankan kondisi bangunan agar tetap sesuai dengan rencana. Kegiatan perawatan merupakan kegiatan renovasi atau perbaikan yang bertujuan memperbaiki atau mengganti bagian bangunan agar tetap mampu melayani dan memenuhi kebutuhan fungsional pengguna gedung. Kegiatan pemeliharaan dan perawatan bangunan gedung yang dilakukan oleh pengelola gedung didasarkan atas kegiatan pemeriksaan berkala.

Kegiatan pemeriksaan berkala dalam 3 tahapan yaitu :

1. Pra survei, perencanaan dan persiapan melalui langkah-langkah brief pengenalan proyek, penentuan metode pengambilan data, perencanaan estimasi waktu, pemeriksaan kelengkapan

dokumen, dan persiapan alat dan materi survei. Data sekunder yang diperlukan pada tahap ini yaitu tersediannya gambar terbangun (*as built drawing*) guna mengetahui seluruh ruangan pada massa bangunan dan posisi kerusakan (Rehan et al., 2023).

2. Survei lapangan, proses pengambilan data pada objek akan diamati melalui langkah-langkah pemeriksaan visual elemen, pemeriksaan pola kerusakan dan kondisi elemen, penghitungan kuantitas kerusakan, pengkategorian tingkat kerusakan, dan pencatatan dan dokumentasi.
3. Pasca survei, proses pengolahan data hasil survei dan evaluasi hasil pemeriksaan serta pengambilan kesimpulan untuk menindaklanjuti hasil survei tersebut.

Penilaian kondisi kerusakan bangunan gedung dapat dikategorikan mulai dari skor 0-5 dimana skor 0 menunjukkan bangunan baru (tanpa kerusakan) hingga skor 5 yang menunjukkan elemen bangunan tidak berfungsi lagi (Ariyanto, 2020). Gedung yang tidak dihuni dalam jangka panjang secara alam juga akan menurunkan kondisi bangunan akibat efek cuaca dan kebersihan (Joria et al., 2020). Penilaian skor diberikan dengan melihat tingkat bahaya yang mungkin timbul, tingkat keparahan kerusakan, kuantitas area yang rusak, pengaruh terhadap elemen lainnya akibat kerusakan tersebut, dan tingkat fungsional elemen tersebut. Selama operasi atau pemanfaatan bangunan gedung, pengelola bangunan

perlu melakukan kegiatan pemeriksaan berkala, pemeliharaan, dan perawatan (rahmadi, 2021).

Frekuensi survei kondisi jalan dianjurkan tidak kurang dari 4 kali dalam setahun, diutamakan pada saat sebelum dan sesudah musun hujan. Hal ini didasarkan atas pertimbangan bahwa kerusakan kecil akan meningkat dengan cepat menjadi besar pada saat musim hujan (Manual Konstruksi Dan Bangunan No. 001-01/M/BM/2011, 2011). Kegiatan survei kondisi jalan dilakukan dengan berjalan kaki agar identifikasi setiap kerusakan akan terdeteksi secara utuh (lengkap) terutama pada lokasi muka air tanah yang tinggi atau drainase yang buruk sehingga perkerasan terendam.

Seringkali pengelola infrastruktur gedung dan jalan abai terhadap jadwal pemeriksaan berkala dan baru merasa penting manakala mulai terlihat adanya retakan pada elemen struktur dan dinding yang mengkhawatirkan. Keretakan yang timbul membawa dampak negatif mulai dari mengganggu stabilitas struktur hingga mengganggu kenyamanan penghuni sehingga perlu dilakukan pemeliharaan gedung secara berkala. Pemeliharaan pada elemen gedung baik struktural maupun non struktural ditentukan setelah diketahui akar penyebab kerusakan tersebut. Proses ini akan membuat pelaksanaan pemeliharaan gedung menjadi efisien dan efektif sesuai kasus yang terjadi. Gedung kelas Politeknik Pekerjaan Umum (PUtech) selesai dibangun pada 2022 dan mulai efektif digunakan pada bulan Juli 2023, keretakan mulai

terlihat pada bulan Desember 2023. Keretakan terlihat pada dinding area lift dan jalan akses sisi timur yang semakin besar. Agara tidak membawa dampak negatif bagi stabilitas struktur dan kenyamanan pengguna maka perlu dilakukan kajian mendalam terkait penyebab keretakan yang terjadi.

Tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui akar masalah penyebab keretakan pada dinding area lift gedung kelas dan jalan akses kampus PUtech. Penelitian keretakan dibatasi pada lokasi bangunan di sekitar gedung kelas PUtech kampus Soekarno hatta yang meliputi gedung kelas lt 1 sampai 5 dan jalan akses sisi barat dan utara yang mengalami keretakan. Penelitian dilakukan sesaat pada Januari-Juni 2024 dan tidak dilakukan secara berkala.

METODE PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian dimulai dengan pendataan dan akuisisi hasil penelitian terdahulu. Kemudian dilanjutkan dengan pelaksanaan observasi lapangan pada kondisi Gedung dan jalan akses yang rusak yang dibandingkan dengan gambar terbangun (*as built drawing*) yang berasal dari Balai Pelaksana Prasarana Wilayah Jawa Tengah, Ditjen Cipta Karya serta hasil wawancara dengan pengelola Gedung guna mengetahui riwayat pembangunannya.

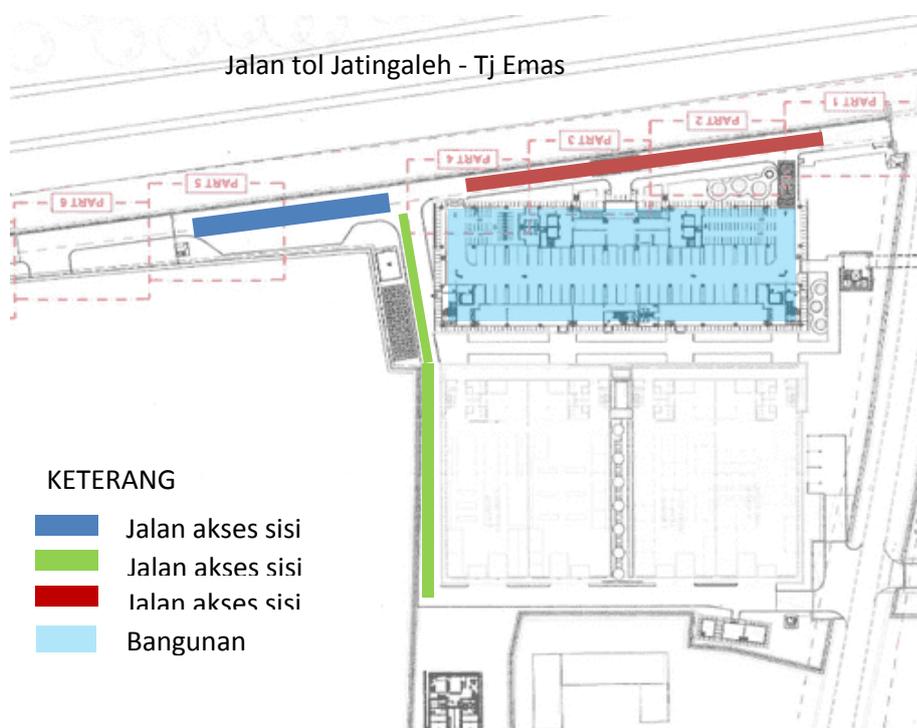
Hasil identifikasi kerusakan akan dikompilasi ke dalam daftar dugaan-dugaan penyebab kerusakan antara lain telah terjadi penurunan tanah, terjadinya proses konsolidasi tanah

yang belum, sifat kembang susut tanah dasar, kualitas material yang tidak memenuhi spesifikasi dan mutu pelaksanaan yang buruk. Setiap dugaan akan diteliti lebih detail kemudian dilakukan analisa data dan penarikan kesimpulan terhadap fenomena kejadian yang ada. Penelitian kegagalan bangunan gedung kelas

kampus PPU akan dibagi dalam 2 jenis pengamatan antara lain :

1. Kerusakan jalan akses sisi timur, selatan dan utara

Secara visual kerusakan jalan akses berupa retak garis dan ambles pada bagian sisi timur, selatan, dan utara seperti terlihat pada gambar 1.

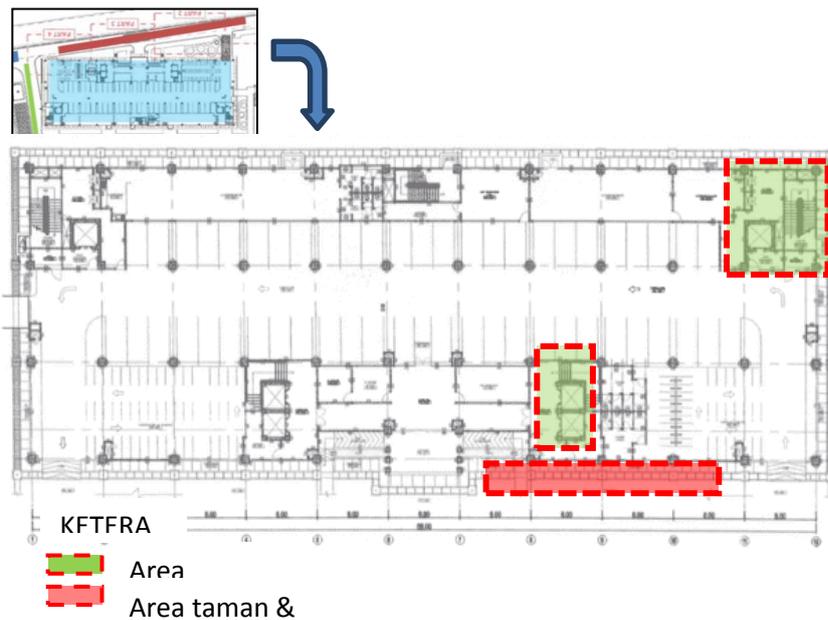


Gambar 1. Kerusakan jalan akses sisi utara, timur, dan selatan

2. Kerusakan dinding area lift dan koridor tangga darurat pada gedung kelas

Secara visual kegagalan pada bangunan gedung terlihat munculnya retakan pada dinding area lift C-E/9 dan A-B/11 dan

koridor tangga seperti terlihat dalam gambar 2. Keretakan membentuk pola diagonal yang terjadi pada pasangan dinding bata ringan. Pola keretakan diagonal teramati dalam pola yang sama mulai dari lantai 1 hingga lantai 5.



Gambar 2. Kerusakan bangunan gedung kelas

Hasil wawancara terhadap pengelola bangunan, kontraktor, dan petugas *security* menunjukkan dalam periode Januari-Desember 2023 tidak terjadi getaran pada bangunan Gedung akibat gempa, getaran tiang pancang pembangunan workshop atau beban lalu lintas jalan tol. Dan diketahui pula bahwa sebelum operasional sudah terdapat retakan yang sudah diperbaiki oleh kontraktor namun seiring perjalanan waktu, retakan di tempat yang sama terjadi kembali. Dugaan awal penyebab kerusakan mengarah dominan kepada kondisi tanah akibat beban bangunan. Untuk membuktikan dugaan tersebut maka dilakukan beberapa pengujian pada bahan tanah dan elevasi dari bangunan antara lain :

1. Pengujian sifat atau karakteristik tanah meliputi uji konsolidasi tanah, uji karakteristik tanah, uji indek cair dan platisitas tanah
2. Pengujian lapangan yang meliputi uji elevasi stuktur bangunan,

identifikasi kerusakan bangunan, pengujian DCP pada tanah timbunan.

3. Uji mutu bahan beton secara *non destructive (hammer test)*

HASIL DAN PEMBAHASAN Identifikasi Tingkat Kerusakan Bangunan Gedung Dan Jalan Akses

Dari hasil wawancara terhadap kronologis terkait keretakan dinding area lift gedung kelas dapat dilihat bahwa keretakan bersifat arsitektural dan terjadi 1 bulan setelah proses serah terima dan hingga berusia 1 tahun setelah serah terima kondisi keretakan semakin panjang dan lebar, hal ini menunjukkan dugaan kuat bahwa adanya penurunan tanah dasar pada pondasi gedung kelas. Kejadian ambles pada jalan akses terjadi berangsur-angsur setelah 1 tahun proses serah terima, hal ini juga mengindikasikan terjadi penurunan tanah dasar di bawah lapisan perkerasan plat beton jalan

akses tersebut. Proses penurunan tanah ini dapat disebabkan 2 hal, yaitu kondisi sifat mekanis dari tanah dasar yang buruk serta proses konsolidasi yang terus terjadi atau indikasi adanya beban bangunan di atasnya yang terlalu besar sehingga daya dukung tanah tidak cukup memadai.

Identifikasi kerusakan Gedung kelas PPU difokuskan pada area lift hingga tangga darurat sisi utara dan area lift gerbang utama gedung kelas (lihat pada gambar 3). Pengambilan sampel dilakukan pada bagian yang retak baik berupa acian atau plesteran dan dilakukan pengukuran pada bagian

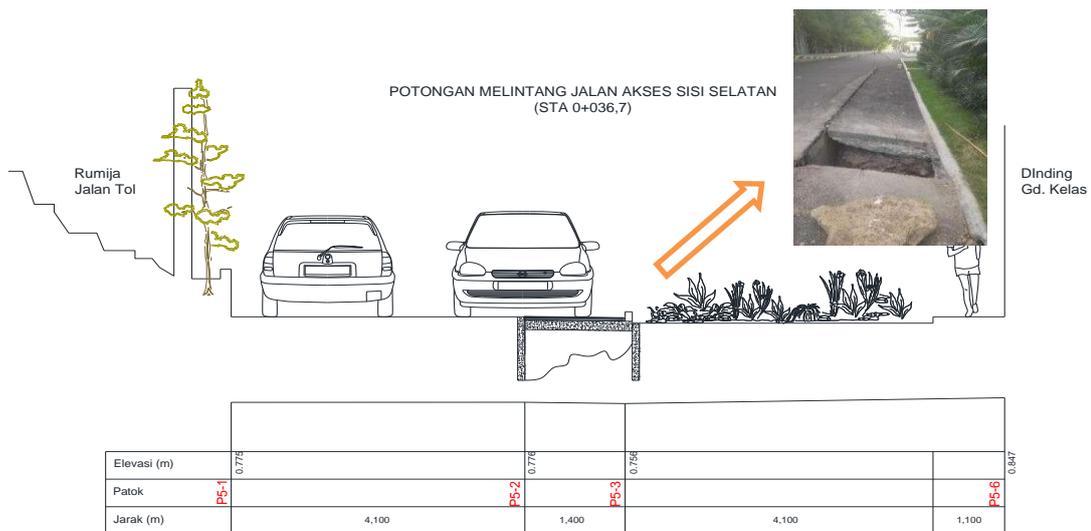
tersebut yang memiliki tebal 2-3 mm. Hasil identifikasi kerusakan secara umum luas retakan sebesar 19,34 m² yang dikategorikan sebagai kerusakan arsitektural atau dangkal dan tidak menunjukkan efek yang parah namun merusak estetika bangunan. Jika melihat pada lebar dan kedalaman retak <3 mm maka kerusakan tersebut dan posisi keretakan yang muncul tidak mengindikasikan adanya hal-hal yang membahayakan struktur bangunan secara keseluruhan (Permen PU Nomor 16/PRT/M/2010), namun menimbulkan ketidaknyamanan bila dilihat dari segi estetika.



Gambar 3. Kerusakan pada dinding bangunan gedung kelas

Identifikasi kerusakan jalan akses difokuskan pada sisi utara, timur dan Selatan dengan luas area sebesar 2.190 m². Kerusakan yang terlihat pada jalan akses terkonsentrasi pada 2 jenis yaitu jalan amblas dan retak memanjang dan melintang jalan. Pola kerusakan jalan dapat dilihat dalam gambar 4 dimana pada bagian bawah perkerasan terdapat lubang akibat kondisi tanah dasar yang hilang sedang pada bagian tepi diapit oleh dinding

beton U-Ditch. Dari pola ini, hilangnya tanah dasar kemungkinan dari 2 kondisi yaitu tanah dasar mengalami penurunan atau sifat tanah timbunan yang halus sehingga tanah terbawa arus air. Namun dari pengamatan tidak ditemukan kondisi jembul pada area lain yang berasal dari pergerakan material timbunan. Dalam hal ini kemungkinan bahwa tanah timbunan mengalami penurunan masuk ke tanah dasar menjadi lebih dominan.



Gambar 4. Kerusakan pada jalan akses

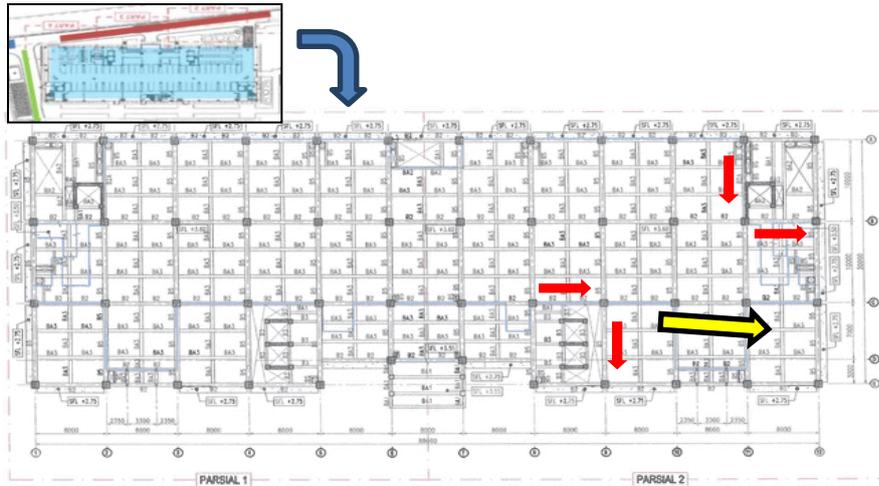
Hasil identifikasi menunjukkan bahwa pada area jalan akses di sekitar gedung kelas mengalami kerusakan ambles dengan kategori dangkal seluas 223,5 m² (10,2%) dan retak mayor seluas 0,84 m² (3,8%) (gambar 4). Secara keseluruhan jalan yang rusak sedang sekitar 11% atau tingkat kemantapan jalan 89%.

Analisa Beda Elevasi / Ketinggian Struktur Bangunan

Pengukuran beda elevasi posisi gedung dilakukan pada bagian balok karena elemen ini paling mudah diamati saat penurunan elevasi. Elemen balok sering tertutup plafon, ducting kabel atau instalasi lain, sehingga pengukuran hanya dilakukan pada sampel balok yang terlihat. Pengukuran perbedaan elevasi pada elemen balok diamati pada 3 titik, yaitu ujung-tengah-ujung. Perbedaan elevasi antara titik ujung (A dan C) akan mengindikasikan terjadinya perbedaan elevasi balok secara

keseluruhan. Perbedaan elevasi antara titik ujung-tengah (A dan B) akan mengindikasikan terjadinya lendutan akibat beban di atasnya. Pengukuran menggunakan titik referensi secara local elemen tersebut atau titik BM tertentu, sehingga tidak menggambarkan elevasi secara keseluruhan.

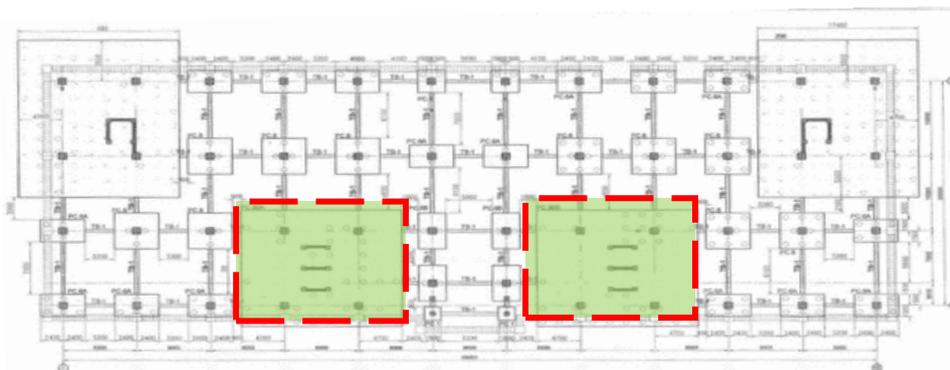
Hasil pengukuran elevasi, beberapa balok menunjukkan beda elevasi tepi-tepi antara 1,2 – 16,2 cm. Hal ini memunculkan dugaan bahwa terjadi penurunan pondasi tiang pancang atau pelaksanaan yang kurang sempurna. Pendapat pertama lebih memungkinkan terkait kerusakan pada area gedung kelas, sedangkan pendapat kedua tidak terbukti karena top elevasi dari kolom tetap sama. Pola penurunan tanah pada area utara gedung kelas digambarkan dalam bentuk panah (gambar 5) sehingga ujung panah menunjukkan elevasi yang lebih rendah.



Gambar 5. Pola penurunan struktur bangunan gedung

Pola denah panah merah menunjukkan penurunan eksisting struktur ke arah barat dan utara, pada kondisi di masa mendatang pola penurunan akan lebih cenderung ke arah utara (panah kuning pada gambar 6). Kondisi ini wajar karena utara kampus gayamsari berupa genangan air atau rawa tanpa perkuatan sedangkan di sisi barat berbatasan

dengan konstruksi jalan tol yang sudah stabil, Penempatan arah struktur shearwall pada area lift C-E/8-9 menjadi keputusan yang tepat (gambar 6). Konstruksi pondasi pada Gedung kelas menggunakan tiang pancang dengan kedalaman 35-40 m bahkan melebihi tinggi seluruh bangunan Gedung.



Gambar 6. Denah pondasi struktur bangunan gedung

Posisi area lift dan shaft kebakaran terlihat dirancang sangat aman Dimana konstruksi pondasi menggunakan pondasi menerus atau matt foundation yang didukung oleh

konstruksi tiang pancang dibawahnya hingga menyentuh tanah keras. Kedalaman tiang pancang yang digunakan bahkan lebih dari tinggi keseluruhan Gedung kelas. As 10

menjadi Lokasi yang rawan penurunan di masa mendatang melihat dari berkurangnya Tingkat kekakuan dari pondasi yang ada. Melihat hasil pengukuran beda elevasi maka penurunan yang terjadi merupakan penurunan sesaat dan penurunan primer.

Analisa sifat material tanah dasar dan timbunan

Hasil pengujian tanah dasar dan tanah timbunan di bawah jalan akses gedung kelas pada sifat sifat propertis tanah dilakukan di Lab Mekanika Tanah Politeknik Pekerjaan Umum dalam tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tanah Dasar Dan Tanah Timbunan

No	Parameter Uji	Standar Uji	Hasil Uji	
			Tanah Dasar (tanah karanginas)	Tanah Timbunan (tanah ex banjir kanal timur)
1	Batas cair (LL)	SNI 1967:2008 & SNI 1966:2008	44 %	35 %
2	Batas Plastis (PL)	SNI 1967:2008 & SNI 1966:2008	24 %	17 %
3	Index Plastisitas (PI)	SNI 1967:2008 & SNI 1966:2008	20 %	18 %
4	Kadar air tanah (w)	SNI 1965:2008	40,78 %	17,06 %
5	Berat jenis tanah (GS)	SNI 1964:2008	2,66	2,47
6	Analisa butiran tanah	SNI 3423:2008	Kerikil 0 % Pasir 19,93 % Lanau 70 % Lempung 10 %	Kerikil 1,35 % Pasir 2,07 % Lanau 7,4 % Lempung 86.17 %
7	Jenis tanah	Casagrande USCS USDA	Lanau anorganik plastisitas sedang CL Silt Loam	Lempung anorganik plastisitas sedang CL clay

Berdasarkan nilai $PI > 17$ maka dikategorikan tanah karanginas termasuk jenis lempung berlanau kohesif sedang tanah ex banjir kanal timur termasuk lempung kohesif. yang dalam kondisi asli di lapangan memiliki konsistensi lunak hingga sangat lunak. mengacu pada ketentuan AASHTO maka baik tanah dasar dan tanah timbunan yang digunakan di

lokasi kampus PPU dapat dikategorikan sedang sampai buruk. Dengan melihat nilai PI lokasi penelitian untuk tanah dasar 20% dan tanah timbunan 18% maka dapat dikatakan potensi pengembangan yang sedang (Chen, 1988). Berdasarkan klasifikasi ini dengan kandungan clay= 10 % dan nilai Indeks plastisitas 20 % maka $A_c = 2$ dan potensi

pengembangan dan dapat diklasifikasikan tinggi.

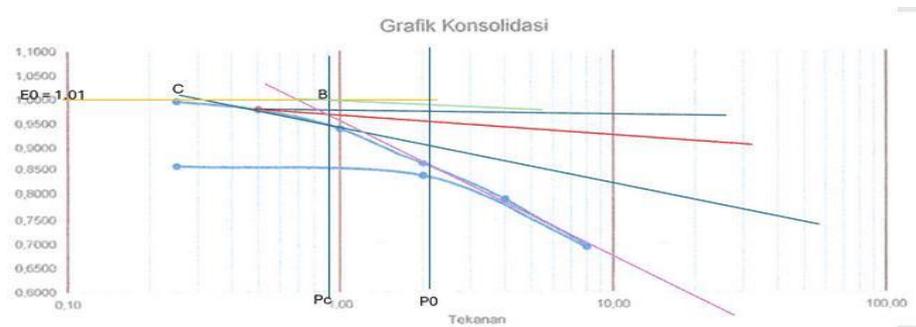
$$C_c = \frac{e_1' - e_2'}{\log p_2' - \log p_1'} = \frac{\Delta e}{\log \left(\frac{p_2'}{p_1'} \right)} \dots (2)$$

Analisa tingkat konsolidasi tanah

Gedung kampus PPU seluas 15.600 m² atau memiliki beban mati sebesar 70.269 ton maka Nilai C_c tanah berdasarkan rumus empirik menurut Terzaghi dan Peck (1967),

C_c = 0,009 (LL-10) (1)

Dengan nilai LL tanah dasar 20 maka nilai C_c ada di sekitar 0,09. Hasil uji konsolidasi tanah dasar pada area gedung kelas PUtech dapat dilihat dalam gambar 7.



Gambar 7. Uji konsolidasi tanah pada tanah dasar kampus PUtech

Berdasarkan grafik konsolidasi pada gambar 8 nilai C_c nilai analitik adalah 0,08. Berikut ini analisis kemungkinan penurunan yang terjadi karena timbunan diatas tanah lunak. Berdasarkan data perencanaan dimana tinggi tanah timbunan (tanah ex banjair kanal timur) setinggi 1,5 m dan kedalaman tiang pancang sebesar 40 m pada daerah lempung maka nilai potensi penurunan yang mungkin terjadi karena tanah timbunan sebesar 0,4 m.

SIMPULAN

Bangunan Gedung dan jalan akses kampus Politeknik Pekerjaan umum yang berlokasi di JL Soekarno hatta, gayamsari, kota semarang mengalami

banyak keretakan baik pada permukaan dinding atau permukaan jalan. Hasil identifikasi pola keretakan bangunan terjadi pada Gedung kelas dimana terlihat retakan pada dinding kearah diagonal serta retakan plat pelat lantai di basement dan area landscape luar bangunan. Bangunan Gedung kelas seluas 15.600 m² dengan berat 70.269 ton memiliki kecenderungan mengalami penurunan ke arah utara sebesar 2-16 cm secara bertahap.

Penurunan tidak menunjukkan kondisi yang membahayakan pada struktur utama Gedung. Hasil uji tanah menunjukkan kondisi tanah dasar dan timbunan pada area kampus PUtech tergolong tanah lempung anorganik kohesif dengan plastisitas sedang.

Kondisi tanah dasar dalam kondisi asli memiliki konsistensi lunak hingga sangat lunak dengan potensi pengembangan tanah yang dikategorikan sedang hingga tinggi. Hasil uji konsolidasi menunjukkan tanah timbunan (ex banjil kana timur) mengalami potensi penurunan tanah sebesar 40 cm. Tanah lokasi karangngas menunjukkan hasil dimana kurang cocok untuk dibuat langunan lebih dari 5 lantai atau bangunan dengan beban mati >70.000 ton.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, A.S., 2020, Analisis Jenis Kerusakan Pada Bangunan Gedung Bertingkat (Studi Kasus pada Gedung Apartemen dan Hotel Candiland Semarang). *Jurnal Bangun Rekaprima*, 06(1), 45–57.
- Chen, F.H., 1988, *Foundations on Expansive Soils* (2nd Editio). Elsevier Science Publications.
- Hadimuljono, B., 2018, Permen PUPR Nomor 14 Tahun 2018 tentang Pencegahan dan Peningkatan Kualitas Terhadap Perumahan Kumuh dan Permukiman Kumuh. In *Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat* (Issue 14, pp. 1–43). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- halim, edrick ridwanto, 2011, *Studi Kasus Keruntuhan Gedung New World Hotel dengan peninjauan dari manajemen pemeliharaan gedung*.
- Joria, K., Xaviera, S., Manalu, L. B., Jali, A., & Steven Shui, 2020, Faktor Yang Mempengaruhi Keretakan Dinding Di Perumahan Marina Park. *JUTEKS-Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 11–19.
- Krishnamurthy, & Natarajan, 2007, Forensic Engineering in Structural Design and Construction. *Structural Engineers World Congress*, 1–16.
- Manual Konstruksi Dan Bangunan No. 001-01/M/BM/2011, Pub. L. No. 001-01/M/BM/2011, Kementerian Pekerjaan Umum 1, 2011.
- Permen PU Nomor 16/PRT/M/2010, Pub. L. Tentang Pedoman Teknis Pemeriksaan Berkala Bangunan Gedung.
- Rahmadi, Pratiwi Nur, 2021, *Buku Pedoman Survey Kerusakan Bangunan* (1; 1).
- Rehan, R., Bastian, E., & Kurniawan, D., 2023, Evaluasi Struktur Bangunan Sekolah Pasca Gempa Di MTS Muhammadiyah Kajai Kabupaten Pasaman Barat. *Rang Teknik Journal*, 6(2), 218–224.