

Kajian Pengaruh Perbedaan Elevasi *Pile Cap* Pondasi Terhadap Deformasi Struktur Gedung Pada Saat Terjadi Gempa

Study of The Effect of Differences in Foundation *Pile Cap* Elevation on Deformation of Building Structures During an Earthquake

Desy Sukma Farikha¹, Pujo Priyono², Totok Dwi Kuryanto³.

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Univeristas Muhammadiyah Jember
email: desysukmaf@gmail.com

Abstract

*The Metrology Academy University was founded in 2016 to accommodate the increasing number of students from Sumedang and the surrounding area. This campus is located in Sumedang Regency, West Java, which has wavy topography which causes challenges in building construction. To synchronize the varying ground elevations in Buildings B and C, an analysis of the force methods used in building design is required. This research aims to analyze the forces that occur in structural elements to determine the relevance of building capacity and carrying capacity as well as combining construction methods. The analysis results show that the deformation due to the earthquake in building B was $U1 = -20.34$ ml, $U2 = 38.62$ ml, $U3 = -23.47$ ml and in building C it was $U1 = -23.47$ ml, $U2 = 46.97$ ml, $U3 = -21.25$ ml. The period of vibration of the building during an earthquake is $T = 0.691$ seconds. The elevation deformation value at the top *Pile Cap* is $X = -19.5206$; $Y = 39.5228$; $Z = 21.2419$, and the lower *Pile Cap* is $X = -15.765$; $Y = 26.46$; $Z = -23.46$. This research is important to understand the structural stability of buildings in undulating areas like Sumedang.*

Keywords: Earthquake Deformation, *Pile Cap*, Structural Style Analysis, Vibration Periode

Abstrak

Universitas Akademi Metrologi didirikan pada tahun 2016 untuk mengakomodasi peningkatan jumlah peserta didik dari Sumedang dan daerah sekitarnya. Kampus ini berlokasi di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat yang memiliki topografi bergelombang sehingga menyebabkan tantangan dalam pembangunan gedung. Untuk menyinkronkan elevasi tanah tanah pada Gedung B dan C yang bervariasi, maka diperlukan analisis metode gaya-gaya yang digunakan dalam perancangan Gedung. Penelitian ini bertujuan menganalisis gaya-gaya yang terjadi pada elemen struktur untuk menentukan relevansi kapasitas dan daya tampung gedung serta penggabungan metode pembangunan. Hasil analisis menunjukkan deformasi akibat gempa pada gedung B sebesar $U1 = -20,34$ ml, $U2 = 38,62$ ml, $U3 = -23,47$ ml dan pada gedung C sebesar $U1 = -23,47$ ml, $U2 = 46,97$ ml, $U3 = -21,25$ ml. Periode getar bangunan saat gempa adalah $T = 0,691$ detik. Nilai deformasi elevasi pada *Pile Cap* atas adalah $X = -19,5206$; $Y = 39,5228$; $Z = 21,2419$, dan *Pile Cap* bawah sebesar $X = -15,765$; $Y = 26,46$; $Z = -23,46$. Penelitian ini penting untuk memahami stabilitas struktural gedung di daerah bergelombang seperti Sumedang.

Kata kunci: Analisis Gaya Struktur, Deformasi Gempa, Periode Getar, *Pile Cap*



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

PENDAHULUAN

Universitas Akademi Metrologi yang berdiri pada tahun 2016 dibutuhkan untuk mengimbangi pertambahan jumlah peserta didik yang terus meningkat untuk melanjutkan Pendidikan yang lebih tinggi, baik bagi masyarakat Desa maupun Kota Sumedang, bahkan hingga masyarakat dari luar kota. Kampus ini berdiri atas naungan Menteri Perdagangan, namun tidak ada kaitannya dengan dinas sama sekali.

Akademi Metrologi Universitas pada awalnya tidak memiliki fasilitas sendiri sehingga proses belajar mengajar dilakukan di gedung IPB. Angkatan pertama kampus ini adalah tahun akademik 2016/2017. Pada angkatan berikutnya, Universitas Akademi Metrologi mulai menggunakan gedung kampus sendiri yang dibangun di atas sebidang tanah yang melebihi 3 ha. Pada awal berdirinya Universitas Akademi Metrologi hanya menerima 50 mahasiswa saja, serta biaya Pendidikan digratiskan. Namun, semakin tahun semakin meningkat peminat dari Universitas Akademi Metrologi tersebut, sehingga pihak kampus akhirnya melakukan pembangunan penambahan gedung agar memenuhi kuota peminat yang semakin meningkat dengan harapan dari terpenuhinya fasilitas mahasiswa dapat menempuh pendidikan dengan nyaman dan bisa memunculkan lulusan-lulusan kampus Universitas Akademi Metrologi yang berkualitas dan dapat bersaing di dunia kerja.

Sebagai tempat belajar mengajar bagi peserta didik maupun tenaga pengajar serta untuk memenuhi kebutuhan dalam mengimbangi pertambahan jumlah peserta didik baru, maka dirancanglah dua Gedung kampus Universitas Akademi Metrologi. Dalam rangka menunjang kebutuhan mahasiswa Universitas Akademi Metrologi dan memperbaiki akreditasi kampus, pada tahun 2021 Menteri Perdagangan Republik Indonesia dengan menggunakan dana APBN 2021 melakukan penambahan Gedung B dan Gedung C serta penambahan laboratorium untuk fasilitas pembelajaran mahasiswa dalam melakukan aktivitas belajar.

Kampus ini berada di kabupaten Sumedang Jawa Barat yang notabennya Kabupaten Sumedang adalah daerah dataran tinggi atau banyak bukit-bukit jika di bangun sebuah bangunan atau gedung yang pasti akan sedikit sulit karena dataran di Kabupaten Sumedang tidak sama rata atau bergelombang. Sama halnya tempat di bangunnya gedung B dan C ini, dimana tempat pembangunannya mengalami beda elevasi ketinggian tanah antara gedung satu dengan gedung yang lainnya. Sehingga dalam pembuatannya pun dari kedua gedung ini menggunakan metode yang berbeda agar bisa menyinkronkan keadaan yang ada di lapangan. Untuk mengetahui relevan atau tidaknya kapasitas dan daya tampung dari Gedung tersebut dan penggabungan antara metode Pembangunan Gedung satu dan Gedung lainnya menjadi satu metode saja, maka perlu dilakukan Analisa metode gaya-gaya yang terjadi pada elemen struktur (Priyono et al., 2019).

LANDASAN TEORI

Sistem Struktur Pondasi *Pile Cap*

Untuk konstruksi lepas pantai, tutup tiang sering kali dibuat dari baja. *Pile Capes* biasanya terdiri dari beton bertulang dan dituangkan langsung ke dalam tanah, kecuali jika tanahnya ekspansif. Bagian atas tumpukan mempunyai suatu reaksi (Hadi & Yasin, 2023). Pondasi *Pile Cap* digunakan untuk menghubungkan beberapa tiang pancang sehingga beban bangunan dapat didistribusikan secara merata ke setiap tiang yang terhubung dalam satu pondasi *Pile Cap* (Waryanto, 2018). Tahapan pelaksanaan pondasi *Pile Cap* meliputi pengukuran, penggalian, pemasangan besi, dan pengecoran. Proses ini dilaksanakan dengan fokus pada kualitas, biaya, dan waktu, serta memanfaatkan teknologi inovatif untuk mempercepat pengerjaan (Suprianto, 2019).

Pondasi *Pile Cap* adalah salah satu elemen penting dalam konstruksi bangunan. Secara umum, konstruksi bangunan terbagi menjadi dua bagian, yaitu struktur bangunan atas dan pondasi (struktur bangunan bawah). *Pile Cap* pondasi biasanya terletak di dalam galian basement dan memerlukan pekerjaan dewatering untuk mengatasi genangan air tanah yang tinggi (Suprianto, 2019). Analisis kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang meliputi perhitungan kapasitas daya dukung tiang tunggal dan tiang kelompok, serta perhitungan penurunan (*settlement*) yang akan terjadi. Hasil perhitungan dapat digunakan untuk menentukan tebal *Pile Cap* yang digunakan (Aznald et al., 2014).

Elemen Struktur

Elemen struktur adalah komponen utama dari sebuah bangunan yang dirancang untuk menahan beban yang diterimanya, termasuk beban berat, gaya lateral, dan tegangan dari berbagai kondisi operasional. Elemen-elemen ini bisa berupa kolom, balok, pelat, dan lain-lain, yang saling terhubung dan bekerja sama untuk membentuk struktur bangunan yang kuat dan aman (Kapa' et al., 2023). Gaya-gaya dalam yang ada di dalam elemen struktur merupakan elemen struktur utama suatu pondasi (Anggraeni et al., 2018). Elemen struktur terdiri dari gaya lintang, momen, dan gaya normal (Sholeh, 2019). Gaya lintang merupakan gaya yang tegak lurus terhadap arah panjang batang pada penampang dan menyebabkan suatu bagian bergerak ke atas atau ke bawah searah satu sama lain. Momen merupakan gaya dalam yang mencegah sumbu batang menekuk (Jumini & Muhliso, 2013). Momen terjadi ketika suatu gaya bekerja pada jarak tertentu dari titik di mana momen tersebut akan ditahan, nilai momen akan selalu dikalikan dengan jarak (Muanawir & Rismaliza, 2019). Sedangkan gaya normal merupakan gaya normal bekerja sepanjang garis yang sejajar dengan batang dan bekerja tegak lurus terhadap penampang batang (Hermigo, 2012).

Bangunan Tahan Gempa

SNI 1726-2019 (BSN, 2002 a) yang menetapkan beban gempa untuk desain sebagai beban kuat, telah memenuhi SNI gempa yang berlaku (Sodik & Andyani, 2021). Struktur bangunan gedung tahan gempa secara teori dapat dipersiapkan terhadap beban gempa yang diturunkan sebesar faktor modifikasi respon struktur (faktor R), yang merupakan ukuran derajat daktilitas struktur, dalam teknik perencanaan gempa berdasarkan SNI (Prasetyo & Yasir, 2024).

Bangunan tahan gempa menggunakan elemen struktur yang dirancang untuk menahan gaya-gaya lateral dan tegangan-tegangan yang dihasilkan dari gempa (Kuryanto et al., 2018). Elemen struktur ini termasuk kolom, balok, pelat, dan diafragma yang dirancang dengan ketelitian tinggi untuk menahan beban gempa (Mahmud et al., 2023; Sugiarta et al., 2023).

SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019 adalah standar yang digunakan dalam merancang bangunan tahan gempa di Indonesia. Standar ini memberikan panduan tentang cara menghitung dan menentukan kekuatan struktur bangunan agar mampu menahan beban gempa (Yogita & Pangestuti, 2023).

Stabilitas Struktur

Stabilitas struktur mengacu pada kemampuan suatu struktur untuk mempertahankan bentuk dan posisinya tanpa mengalami kegagalan atau deformasi yang signifikan ketika dikenakan beban (Bahrami & Eshiet, 2024). Konsep ini sangat penting dalam bidang teknik sipil dan arsitektur, karena mempengaruhi keamanan dan kinerja bangunan, jembatan, dan infrastruktur lainnya (Daniel & Potter, 2024).

Konstruksi yang stabil biasanya mengalami deformasi minimal akibat beban, dan ketika beban dihilangkan, gaya dalam di dalam struktur cenderung kembali ke konfigurasi awalnya. Ketika beban diterapkan pada struktur yang tidak stabil, deformasi yang dihasilkan biasanya cenderung bertambah buruk seiring lamanya struktur dibebani (Muhtar & Gunasti, 2023).

Beberapa faktor yang mempengaruhi stabilitas struktur meliputi desain geometri, material yang digunakan, metode konstruksi, dan kondisi lingkungan (US Army Corps of Engineers, 2005). Analisis stabilitas melibatkan pemeriksaan terhadap kemungkinan deformasi atau perpindahan struktur di bawah beban tertentu, serta memastikan bahwa struktur memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan gaya-gaya yang bekerja padanya. Pentingnya perhitungan yang akurat dan penggunaan teknologi modern dalam proses desain dan konstruksi juga tidak dapat diabaikan untuk mencapai stabilitas yang optimal (Pan et al., 2023).

Kajian SPT Berdasarkan Data Tanah Sondir (CPT)

Das (1985) menyatakan bahwa lanau organik dan tanah berpasir mempunyai nilai nol untuk c . Nilai c berpotensi menjadi 0 untuk tanah lempung yang biasanya terkonsolidasi (Lesmana & Nugrohp, 2016). Nilai $c > 0$ menunjukkan tanah lempung terkonsolidasi berlebihan. Sudut gesekan terkuras, atau \emptyset , adalah nama lain dari sudut gesekan internal (Edwin & Suhendra, 2019). Nilai tanah \emptyset disediakan. Kajian SPT (Standard Penetration Test) berdasarkan data tanah sondir atau Cone Penetration Test (CPT) adalah metode yang sering digunakan dalam geoteknik untuk menentukan karakteristik tanah. SPT adalah tes lapangan yang mengukur ketahanan tanah terhadap penetrasi suatu batang dengan beban tertentu (Rogers, 2006).

Data yang dihasilkan dari SPT berupa nilai N-SPT yang menunjukkan jumlah pukulan yang diperlukan untuk menembus tanah sedalam 30 cm. Sementara itu, CPT menggunakan kerucut untuk menekan tanah secara konstan, dan mengukur tekanan ujung serta hambatan gesek sepanjang kerucut (Rahman, 2018). Data dari CPT lebih rinci dan kontinu dibandingkan dengan SPT, sehingga memberikan gambaran lebih jelas tentang stratifikasi tanah, kekuatan, dan sifat-sifat lainnya. Kombinasi data dari SPT dan CPT membantu para insinyur geoteknik dalam merancang pondasi yang aman dan efisien serta mengidentifikasi potensi masalah seperti likuifaksi atau tanah longsor (Zhao et al., 2020).

METODE PENELITIAN

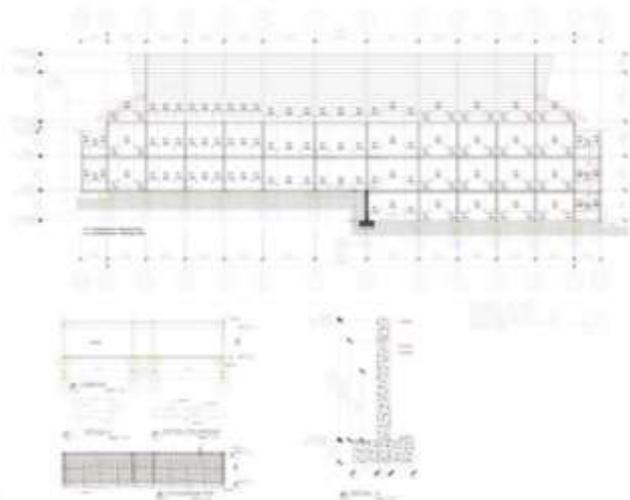


Gambar 1. Denah Lokasi Penelitian
Sumber: Google Earth, 2023

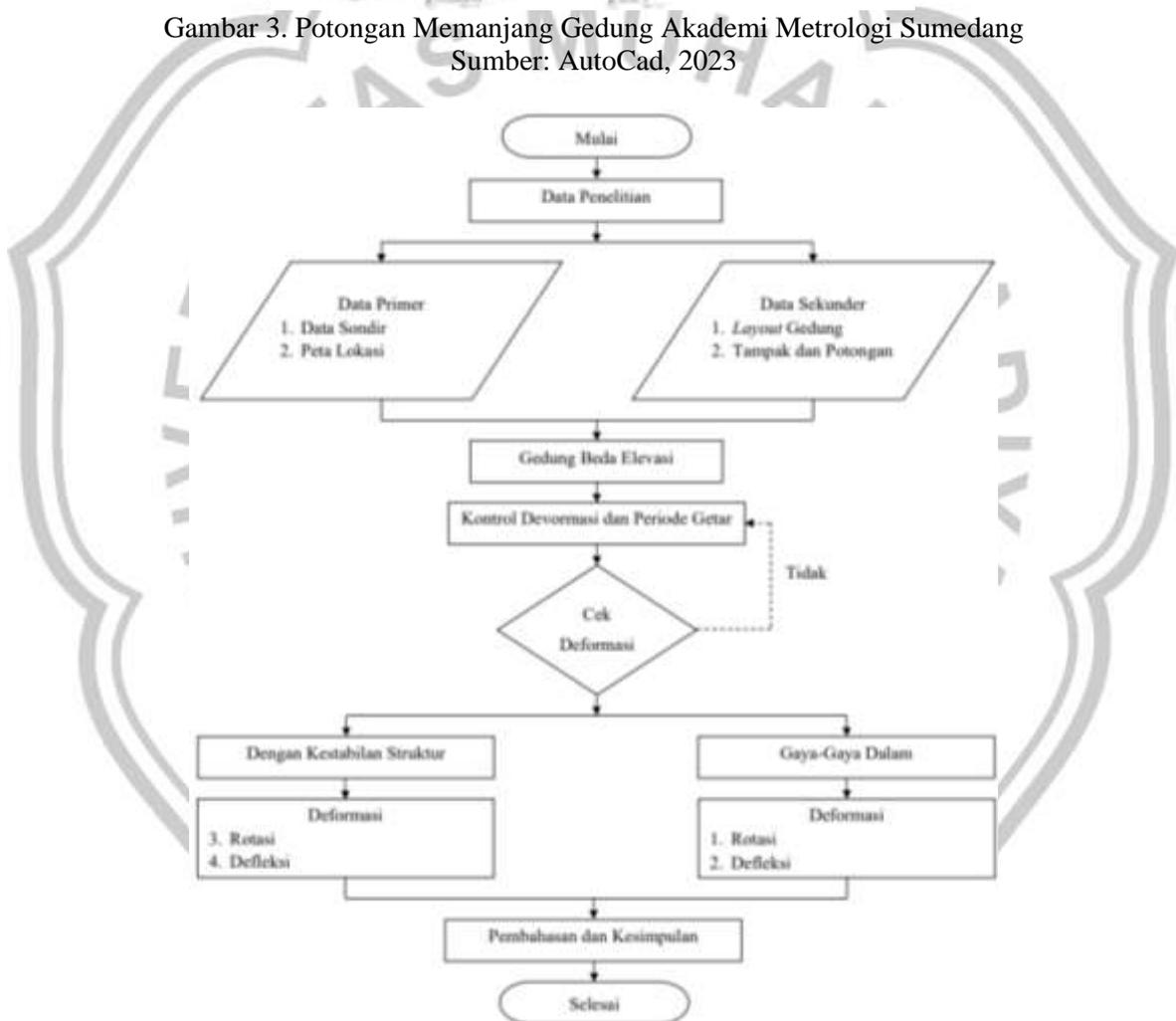
Lokasi dalam penelitian ini berada di Jalan Cihanjuang Kecamatan Parompong, Kabupaten Bandung Barat.



Gambar 2. Tampak Gedung Akademi Metrologi
Sumber: Sketchup, 2023



Gambar 3. Potongan Memanjang Gedung Akademi Metrologi Sumedang
Sumber: AutoCad, 2023



Gambar 4. Kerangka Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Spesifikasi Bangunan

Gedung Akademi Metrologi Sumedang terletak di Jl. Raya Bandung-Sumedang km 25, Kutamandiri, Kecamatan Tanjungsari, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Gedung ini berfungsi sebagai ruang kelas dan laboratorium. Struktur bangunan terbuat dari beton bertulang yang memiliki

mutu K-300 (24,90 Mpa) dan mutu baja $F_y = 390$ Mpa. Tinggi dari lantai dasar (1) ke lantai dua (2) adalah 4 meter, dan dari lantai dua (2) ke atap juga 4 meter.

Gedung ini berbentuk persegi panjang dengan panjang sisi 54 meter, lebar 18,4 meter, dan tinggi 11,2 meter, sehingga luas bangunan mencapai 993,6 meter persegi. Dimensi struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sesuai dengan gambar, digunakan untuk struktur utama gedung Universitas Akademi Metrologi ini. Plat bangunan memiliki ketebalan 12 cm.

Beban Struktur

Berat struktur, beban mati, beban hidup, dan beban gempa merupakan sumber beban struktur. Besaran yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Beban Hidup (LL): Beban penghuni gedung.
2. Beban Mati (DL): Beban struktur itu sendiri plus beban mati tambahan.
3. Beban Gempa (EQ): Beban gempa dihitung dengan metode respon spektrum dan didasarkan pada peta wilayah gempa Indonesia.

Beban Mati merupakan berat dari bangunan tersebut ditambah dengan komponen lainnya. Pasal 2.1 PPIUG 1987 terdiri atas berat komponen struktur (balok, kolom, dan pelat lantai) sebagai berikut:

1. Plat ($t = 12$ cm) = $0,12 \cdot 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$.
2. Mix load ($t = 2$ cm) = 21 kg/m^2 .
3. Beban yang ditanggung sebuah lantai keramik = 24 kg/m^2 .
4. Berat gabungan plafon dan tali jemuran = 24 kg/m^2 .
5. Massa jenis beton bertulang = 2400 kg/m^3 .
6. Massa jenis pasangan bata merah = 1700 kg/m^3 .

Beban hidup adalah beban yang mengikuti fungsinya dari bangunan itu sendiri. (SNI 1726-2019).

1. Ruang kelas = 250 kg/m^2
2. Ruang laboratorium = 479 kg/m^2
3. Lobi dan koridor lantai pertama = 479 kg/m^2
4. Koridor diatas lantai pertama = 383 kg/m^2

Beban gempa pada ETABS ditentukan berdasarkan pembebanan lokasi dengan menggunakan analisis respon spektrum sesuai SNI Gempa Bumi 1726:2019 untuk risiko gempa kategori IV pada tanah lunak (SE).

Analisa Beban Gempa Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726: 2019

Sesuai dengan SNI 1726:2019, penggunaan gedung sebagai fasilitas pendidikan dan sekolah termasuk dalam kategori IV.

Tabel 1. Kategori IV SNI 1726:2019

| Jenis | Kategori Resiko |
|---|-----------------|
| <p>Gedung dan non-gedung yang dianggap sebagai fasilitas penting, tetapi tidak terbatas pada:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bangunan monumental. 2. Prasarana pendidikan dan sekolah. 3. Fasilitas medis dengan fasilitas bedah dan unit gawat darurat. 4. Fasilitas kantor pemadam kebakaran, ambulans, dan polisi, serta garasi kendaraan darurat lainnya. 5. Struktur yang dirancang untuk memberikan perlindungan terhadap gempa bumi, angin topan, dan keadaan darurat lainnya. 6. Fasilitas tanggap darurat, termasuk fasilitas kesiapsiagaan darurat, komunikasi, dan pusat operasi. 7. Fasilitas tanggap darurat, seperti pusat penghasil energi dan fasilitas umum lainnya, 8. Bangunan dengan struktur pelengkap (seperti menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur pembangkit listrik, tangki air pemadam kebakaran, bangunan tempat tinggal, bangunan pendukung | IV |

| Jenis | Kategori Resiko |
|---|-----------------|
| air, bahan atau peralatan pemadam kebakaran) yang diperlukan untuk pengoperasian dalam keadaan darurat. Struktur yang diperlukan agar bangunan lain dapat berfungsi dengan baik, baik bangunan fisik maupun non-bangunan, diklasifikasikan dalam kategori risiko IV. | |

Sumber: SNI 1726:2019

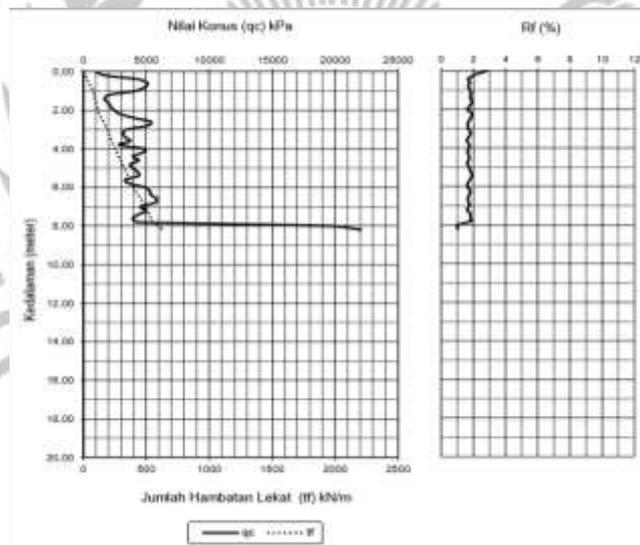
Berdasarkan tabel 1, kategori risiko bangunan IV menetapkan faktor prioritas gempa, I_e sebesar 1,50 berdasarkan tabel kategori risiko bangunan dan non-bangunan untuk beban gempa. Berdasarkan struktur utama yang terdapat pada gedung, untuk sistem penahan gempanya termasuk e dalam jenis Sistem Rangka Beton Pemikul Momen Khusus (SRBPMK).

Tabel 2. Sistem Struktur dan Parameter Sistem (R , C_d , Ω_0)

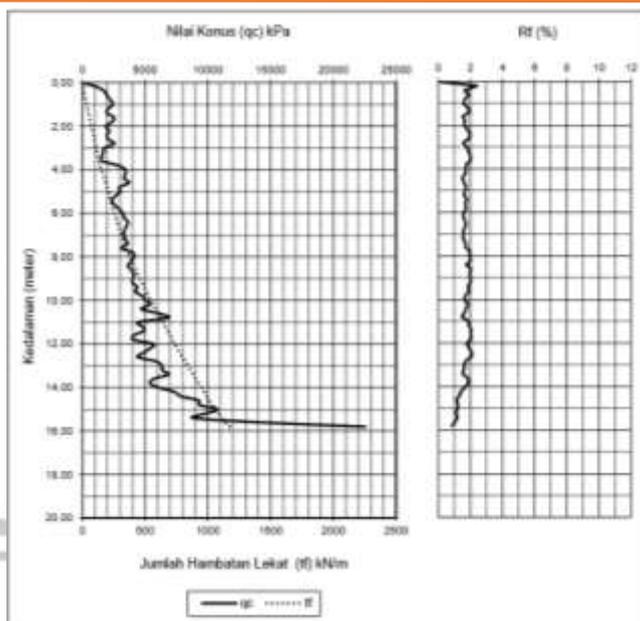
| Sistem Penahan Gaya Seismik | R | Ω_0 | C_d^b | Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur $h_n(m)^c$ Kategori Desain Seismik | | | | |
|--|-----|------------|----------------|--|----|-------|-------|-------|
| | | | | B | C | D^d | E^d | F^d |
| (S.5). Rangka beton bertulang pemikul momen khusus | 8 | 3 | $5\frac{1}{2}$ | TB | TB | TB | TB | TB |

Sumber: Hasil Analisis, 2024

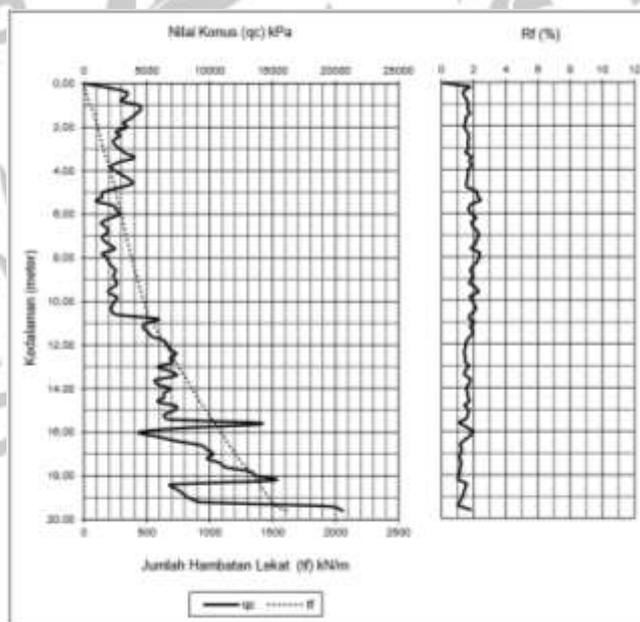
Analisis klasifikasi situs tanah untuk menentukan Klasifikasi Situs (SA-SF).



Gambar 5. Grafik Sondir Titik 1
Sumber: Hasil Analisis, 2023



Gambar 6. Grafik Sondir Titik 2
Sumber: Hasil Analisis, 2023



Gambar 7. Grafik Sondir Titik 3
Sumber: Hasil Analisis, 2023

Dari hasil sondir dan dihubungkan dengan nilai N-SPT, diperoleh:

Tabel 3. Klasifikasi Situs (SA-SF)

| Dept | M | SPT | di | Di/Ni | Uraian Tanah |
|------|---|-------|----|-------|--------------|
| | M | | M | | |
| 0 | 0 | - | | | |
| -1 | 1 | 10,00 | 1 | 0,100 | |
| -2 | 2 | 5,00 | 1 | 0,200 | |
| -3 | 3 | 10,00 | 1 | 0,100 | |
| -4 | 4 | 5,00 | 1 | 0,200 | |
| -5 | 5 | 10,00 | 1 | 0,100 | |

| Dept | | SPT | di | | Di/Ni | Uraian Tanah |
|------------------------------|----|-------|-----------|--------|-------|--------------|
| M | | | M | | | |
| -6 | 6 | 10,00 | 1 | 0,100 | | |
| -7 | 7 | 10,00 | 1 | 0,100 | | |
| -8 | 8 | 50,00 | 1 | 0,020 | | |
| -9 | 9 | 50,00 | 1 | 0,020 | | |
| -10 | 10 | 50,00 | 1 | 0,020 | | |
| -11 | 11 | 50,00 | 1 | 0,020 | | |
| -12 | 12 | 50,00 | 1 | 0,020 | | |
| Jumlah | | | 12,00 | 1,00 | | |
| | | | N_{avr} | 12,000 | <15 | |
| Siklus klas Tanah Lunak (SE) | | | | | | |

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Dari tabel 3, dapat diketahui bahwa nilai $N_{rata-rata}$ adalah $12 < 15$. Sehingga nilai tersebut merupakan tanah lunak (SE).

Menentukan Parameter Percepatan Tanah (Ss, Si)

Parameter kecepatan gempa pada lokasi Gedung Akademi Metrologi Sumedang dapat diketahui dari situs [RSA Cipta Karya](#). Dengan jenis input berupa koordinat dan jenis tanah lunak (SE), didapat nilai SS sebesar 0,8712 g dan S1 sebesar 0,4014 g.

Perhitungan beban gempa rencana spektrum respons didasarkan pada percepatan batuan dasar dengan periode 1 detik (S1) dan peta percepatan relief dasar dengan durasi singkat 0,2 detik (Ss).

Faktor koefisien situs ditentukan oleh nilai Fa dan Fv masing-masing sebesar 1,3 dan 0,8. Selain itu, nilai Sms dan Sm1 sesuai dengan persamaan 7 dan 8 sebagaimana ditentukan dalam SNI 1726:2019 adalah Sms adalah 1,1326 g dan Sm1 adalah 0,3232 g. Terakhir, nilai SDS dan SD1 yang telah ditentukan adalah SDS adalah 0,7551 g dan SD1 adalah 0,2154 g.

Berdasarkan tabel 8 dalam SNI 1726:2019, parameter respon percepatan dalam periode singkat menjadi dasar kategori desain seismik. Hal ini menghasilkan nilai SDS sebesar 0,7551 g, artinya $KDS = D$. Berdasarkan tabel 9 pada SNI 1726:2019, kategori desain seismik didasarkan pada karakteristik respon percepatan dalam periode satu detik dan mendapat nilai SD1 sebesar 0,2154 g $KDS = D$.

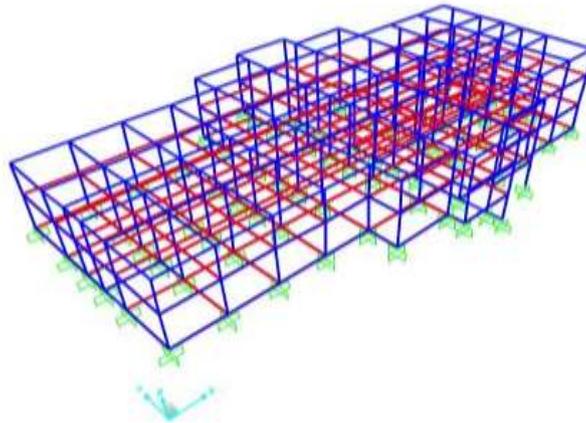
Nilai yang ditetapkan berikut ini digunakan untuk desain gempa kategori D dengan rangka beton bertulang pemikul momen khusus sesuai SNI 1726:2019:

1. Koefisien modifikasi respon (R) sebesar 8,0
2. 3.0 adalah faktor kekuatan berlebih sistem (Cr).
3. Faktor perbesaran (Ω_0) untuk defleksi adalah 5,5.

Untuk menentukan periode fundamental struktur didapatkan nilai koefisien Cu adalah parameter periode getaran Ct mempunyai nilai sebesar 0,0466, sedangkan nilai x sebesar 0,9. Untuk Analisa pendahuluan struktur, digunakan pendekatan sesuai persamaan 26 pada SNI 1726:2019. Sehingga didapatkan nilai Ta adalah 0,691 detik dan nilai Tmaks adalah 1,0365 detik.

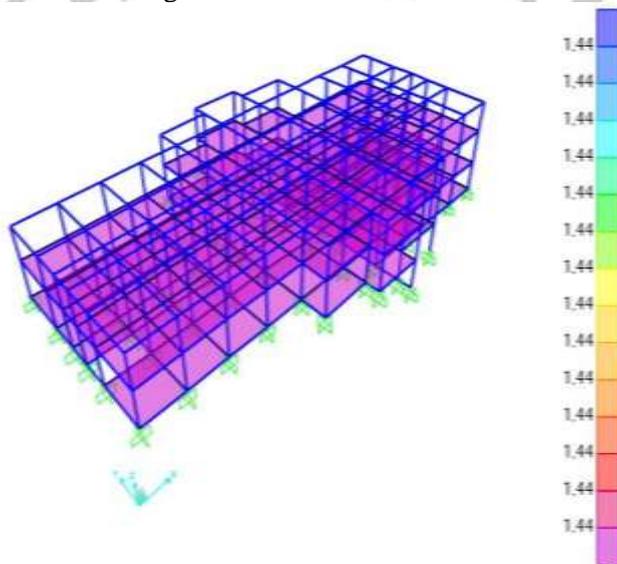
Pemodelan Struktur Menggunakan Software SAP 2000

Pemodelan menggunakan aplikasi SAP 2000 versi 23 dengan hasil sebagai berikut:

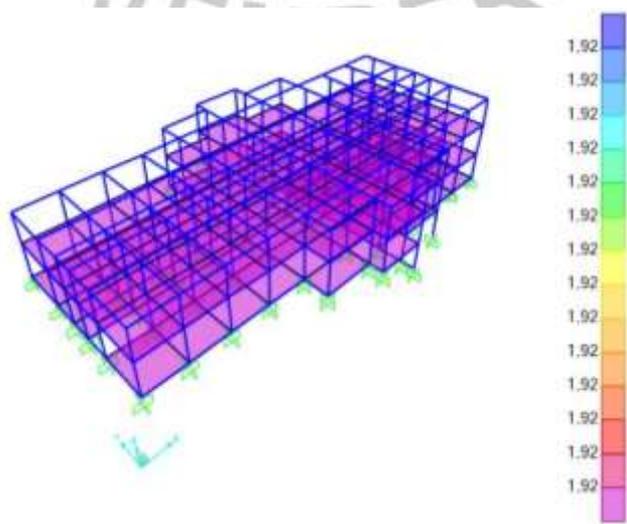


Gambar 8. Pemodelan Struktur SAP 2000
Sumber: SAP 2000, 2024

Dengan sistem pembebanan sebagai berikut:



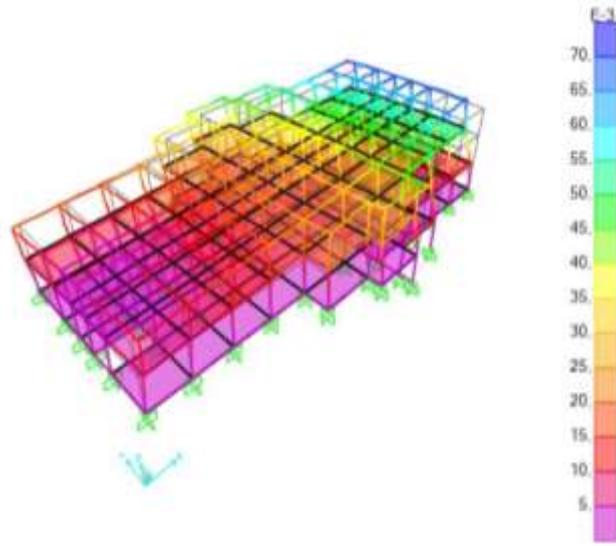
Gambar 9. Beban Mati
Sumber: SAP 2000, 2024



Gambar 10. Beban Hidup
Sumber: SAP 2000, 2024

Analisa Periode Getar Dengan Bantuan Software SAP 2000

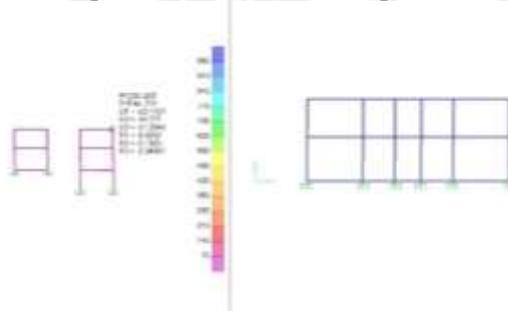
Analisa periode getar menggunakan software SAP 2000 versi 23 diperoleh nilai periode getar sebesar $T = 0,2499$.



Gambar 11. Periode Getar Gempa
Sumber: SAP 2000, 2024

Deformasi Yang Terjadi

Deformasi yang terjadi pada bangunan Akademi Metrologi Sumedang adalah sebagai berikut:

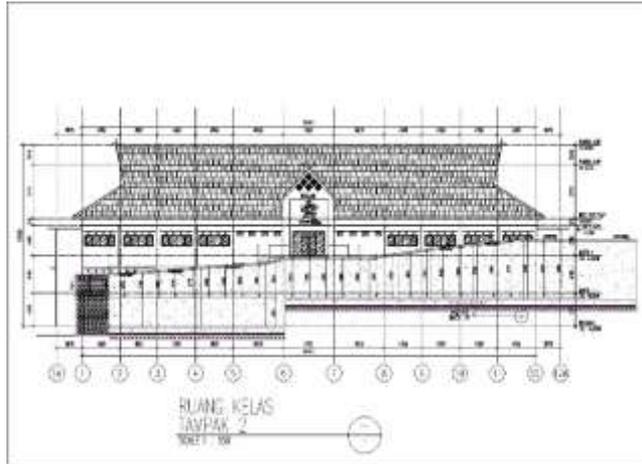


Gambar 12. Deformasi Yang Terjadi
Sumber: SAP 2000, 2024

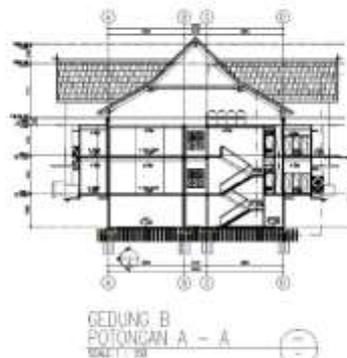
Deformasi yang terjadi akibat kombinasi gempa di gedung B menghasilkan $U_2 = 38,62$ ml, dan kombinasi gempa di gedung C menghasilkan $U_2 = 46,97$ ml sedangkan deformasi ijin, sesuai tabel 20 SNI 1726:2019 Simpangan yang diijinkan adalah sebesar $0,01 \times 11,2 \text{ m} = 112$ ml (masih memenuhi syarat).

Desain Kontur Tanah Bangunan

Elevasi tanah yang berbeda pada lokasi bangunan tersebut jelas terlihat pada gambar tersebut, tampak depan bangunan sangat jelas terlihat deformasinya, kontur tanah yang berbeda elevasi ini dapat terlihat dengan jelas apabila dilihat dari depan dan samping bangunan tersebut.



Gambar 13. Tampak Depan Deformasi Tanah
Sumber: AutoCad, 2024



Gambar 14. Potongan A-A
Sumber: AutoCad, 2024

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Deformasi akibat adanya gempa di gedung B sebesar $U_1 = -20,34$ ml, $U_2 = 38,62$ ml, $U_3 = -23,47$ ml dan gedung C sebesar $U_1 = -23,47$ ml, $U_2 = 46,97$ ml, $U_3 = -21,25$ ml.
2. Hasil Analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan periode getar bangunan pada saat gempa adalah $T = 0,691$ detik.

Hasil analisis yang telah dilakukan didapatkan nilai deformasi saat terjadi gempa, terdapat nilai elevasi 4+00 pada *Pile Cap* atas $X = -19,5206$; $Y = 39,5228$; $Z = 21,2419$. Dan nilai 0+00 *Pile Cap* bawah sebesar $X = -15,765$; $Y = 26,46$; $Z = -23,46$.

Saran

Saran yang dapat diberikan penulis adalah diharapkan dari hasil perhitungan dapat dijelaskan historis periode getaran pada masing-masing elevasi sebagai akibat bentuk topografi lokasi pondasi menjadi acuan atau referensi untuk pengecekan kondisi struktur pada saat terjadi gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, R., Jits, A., & Anggaraeni, R. (2018). Analisis Struktur Tahan Gempa Hotel Santika Tasikmalaya Dengan Metode Analisis Statik dan Dinamik Time History. *JITSI: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 10(1), 113–117. <https://doi.org/https://doi.org/10.36423/jitsi.v1i1.460>
- Aznald, D., Farni, I., & Rahmat. (2014). Analisa Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Dengan Beban Vertikal Pada Proyek Pembangunan Gedung Dinas Prasarana Jalan, Tata Ruang Permukiman Sumatera Barat. *Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University*, 1(2). <https://ejurnal.bunghatta.ac.id/index.php/JFTSP/article/view/3221>
- Bahrami, A., & Eshiet, K. I.-I. (2024). Advances in Structural Integrity and Failure. *IntechOpen*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.1000457>
- Daniel, O. B., & Potter, K. (2024). The Importance of Civil Engineering in Public Health and Safety. *The Journal of Regional History (Eng)*. https://www.researchgate.net/profile/Kaledio-Potter/publication/378588503_The_Importance_of_Civil_Engineering_in_Public_Health_and_Safety/links/65e097f8adc608480aefce3/The-Importance-of-Civil-Engineering-in-Public-Health-and-Safety.pdf
- Edwin, H., & Suhendra, A. (2019). Analisis Metode Vacuum Preloading Untuk Mempercepat Konsolidasi pada Tanah Lempung Lunak Jenuh Air. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(4), 87–94. <https://journal.untar.ac.id/index.php/jmts/article/view/6166/4171>
- Hadi, R. R., & Yasin, N. (2023). Perhitungan Volume Beton Pile Cap Pada Proyek Pembangunan Struktur Parkir (Elevated) Taman Mini Indonesia Indah (TMII). *UG Jurnal*, 17(01), 28–44. <https://ejournal.gunadarma.ac.id/index.php/ugjournal/article/view/8548>
- Hermigo, A. (2012). Rancang Bangun Roller Mesin Pemeran Batang Sorghum. *Digilib.Uns.Ac.Id*. <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/25329>
- Jumini, S., & Muhlisoh, L. (2013). Pengaruh Perbedaan Panjang Poros Suatu Benda Terhadap Kecepatan Sudut Putar. *Omen Merupakan Gaya Dalam Yang Mencegah Sumbu Batang Menekuk*, 4(1), 113–118. https://repository.uksw.edu/bitstream/123456789/3125/2/PROS_%20Sri%20Jumini%2C%20Lilis%20M_%20Pengaruh%20Perbedaan%20Panjang_Full%20text.pdf
- Kapa', S. R., Rangan, P. R., & Ampangallo, B. A. (2023). Analisis Kapasitas Elemen Struktur Gedung Kantor Rektorat IAKN Toraja Terhadap Beban Gempa Dengan Metode Pushover. *Journal Dynamic Saint*, 8(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v8i1.2141>
- Kuryanto, T. D., Irawati, & Rizal, N. S. (2018). The Use of Vibra Engine to Enhance Batako Industrial Quality at Urban Area. *Kontribusi Research Dissemination for Community Development*, 1(1), 1. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30587/kontribusi.v1i1.250>
- Lesmana, R. I., & Nugrohp, S. A. (2016). Stabilitas Tanah Plastisitas Tinggi dengan Semen. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 3(2). <https://www.neliti.com/publications/184190/stabilitas-tanah-plastisitas-tinggi-dengan-semen>
- Mahmud, F., Hariyadi, Kencanawati, N. N., Merdana, I. N., & Rawiana, A. (2023). Penyuluhan Dan Pengenalan Struktur Bangunan Rumah Sederhana Tahan Gempa Di SMK 3 Mataram Dalam Rangka Implementasi SNI 1726. *Portal Abdimas*, 1(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.29303/portlabdimas.v1i1.2349>
- Muanawir, & Rismaliza. (2019). Pengaruh Jumlah Siklus Terhadap Keakuratan Hasil Perhitungan Struktur Menggunakan Metode Cross (Distribusi Momen). *Jurnal Teknik Sipil*, 8(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.37598/9gq6bw61>
- Muhtar, & Gunasti, A. (2023). Kinerja Panel Pracetak Beton Bertulang Bambu Untuk Dinding Rumah dan Pagar. *Penelitian Kompetitif Nasional (PFR)*. <https://sinta.kemdikbud.go.id/authors/profile/161472/?view=researches#>
- Pan, Y., Zhu, M., Lv, Y., Yang, Y., Liang, Y., Yin, R., Yang, Y., Jia, X., Wang, X., Zeng, F., Huang, S., Hou, D., Xu, L., Yin, R., & Yuan, X. (2023). Building energy simulation and its application for building performance optimization: A review of methods, tools, and case studies. In *Advances in Applied Energy* (Vol. 10). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2023.100135>

- Prasetyo, T. A., & Yasir, N. (2024). *Perencanaan Struktur Baja Bangunan Bertingkat: Special Moment Frames dan Sambungan Terpraktualifikasi*. Nas Media Pustaka. [https://books.google.co.id/books?id=QGUREQAAQBAJ&dq=Struktur+bangunan+gedung+tahan+gempa+secara+teori+dapat+dipersiapkan+terhadap+beban+gempa+yang+diturunkan+s+ebesar+faktor+modifikasi+respon+struktur+\(faktor+R\),+yang+merupakan+ukuran+derajat+d+aktilitas+struktur,+dalam+teknik+perencanaan+gempa+berdasarkan+SNI.&lr=&hl=id&source=gbs_navlinks_s](https://books.google.co.id/books?id=QGUREQAAQBAJ&dq=Struktur+bangunan+gedung+tahan+gempa+secara+teori+dapat+dipersiapkan+terhadap+beban+gempa+yang+diturunkan+s+ebesar+faktor+modifikasi+respon+struktur+(faktor+R),+yang+merupakan+ukuran+derajat+d+aktilitas+struktur,+dalam+teknik+perencanaan+gempa+berdasarkan+SNI.&lr=&hl=id&source=gbs_navlinks_s)
- Priyono, P., Gunasti, A., & Rofiqi, A. (2019). *Penerapan Metode Barchart, CPM, PERT dan Crashing Project dalam Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung G Universitas Muhammadiyah Jember*. 4(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.53712/rjrs.v4i1.612>
- Rahman, Md. M. (2018). *Standard Penetration Test: Corrections and Correlations*. M.Sc Scholar (Heotech). https://www.researchgate.net/profile/Md-Manzur-Rahman/publication/318110370_Foundation_Design_using_Standard_Penetration_Test_SPT_N-value/links/595a3ea7458515a5406fc003/Foundation-Design-using-Standard-Penetration-Test-SPT-N-value.pdf
- Rogers, J. D. (2006). Subsurface exploration using the Standard Penetration Test and the Cone Penetrometer Test. *Environmental and Engineering Geoscience*, 12(2), 161–179. <https://doi.org/10.2113/12.2.161>
- Sholeh, M. (2019). *Mekanika Rekayasa Ilmu Dasar Teknik Sipil*. Deepublish. https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=UPwWEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Elemen+struktur+terdiri+dari+gaya+lintang,+momen,+dan+gaya+normal.+Gaya+lintang+merupakan+gaya+yang+tegak+lurus+terhadap+arah+panjang+batang+pada+penampang+dan+menyebabkan+suatu+bagian+bergerak+ke+atas+atau+ke+bawah+searah+satu+sama+lain&ots=FHVgJOHQbR&sig=80nrLPa-VOEoPCvrEQppYyfVxWo&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Sodik, A. S. N., & Andyani, R. (2021). Pengaruh Penerapan SNI 1726:2019 Terhadap Desain Struktur Rangka Momen Beton Bertulang di Indonesia. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 17(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.25077/jrs.17.1.1-12.2021>
- Sugiartha, I. W., Suparjo, Rofaida, Yasa, I. W., & Fajrin, J. (2023). Penyuluhan Tentang Bangunan Sederhana Tahan Gempa Dari Beton Bertulang dan Bambu Plester di Desa Karang Bajo Kecamatan Bayan Kabupaten Lombok Utara. *Portal ABDIMAS*, 1(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.29303/portalabdimas.v1i1.2336>
- Suprianto, D. (2019). *Metode Pekerjaan Pile Cap Proyek Two Senopati* [Universitas Mercu Buana Jakarta]. <https://www.semanticscholar.org/paper/METODE-PEKERJAAN-PILE-CAP-PROYEK-TWO-SENOPATI-Suprianto/33e592b52133fd80e22ee6e797122e8309a5452b>
- US Army Corps of Engineers. (2005). *Engineering and Desain: Stability Analysis Of Concrete Structure*. Department of the Army. https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-2-2100.pdf
- Waryanto, H. (2018). Pelaksanaan Pondasi Pile Cap Proyek Foresta Business Loft 6 BSD Tangerang Selatan. *Jurnal UMB*. <https://www.semanticscholar.org/paper/PELAKSANAAN-PONDASI-PILE-CAP-PROYEK-FORESTA-LOFT-6-Waryanto/253243ef503eb2eac3affcb3073c47788e7b644d>
- Yogita, V. Z. M., & Pangestuti, E. (2023). Redesain Bangunan Tahan Gempa Hotel 6 Lantai di Wilayah Yogyakarta Berdasarkan SNI Gempa 1726:2019. *Citizen : Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 3(2), 129–135. <https://doi.org/https://doi.org/10.53866/jimi.v3i2.258>
- Zhao, T., Xu, L., & Wang, Y. (2020). ast non-parametric simulation of 2D multi-layer cone penetration test (CPT) data without pre-stratification using Markov Chain Monte Carlo simulation. *Engineering Geology*, 270. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105670>