

EVALUASI TIGA METODE DEFORMASI KOLOM AKSIAL: DARI PENDEKATAN KLASIK KE PERANGKAT LUNAK DAN TEKNIK AI

Zulfikar Kharis Rahman¹, Abdul Haris²

Program Studi Magister Terapan Rekayasa Infrastruktur, Fakultas Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Kota Bandung, Indonesia¹

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, Samarinda, Indonesia²

E-mail : zulfikarkharis@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan membandingkan analisis aksial pada kolom beton bertulang yang mana pendekatan menggunakan tiga analisis perhitungan yang berbasis perhitungan manual teori elastisitas, simulasi numerik menggunakan SAP2000, dan permodelan berbasis *Artificial Intelligence* (AI). Dengan menggunakan spesifikasi kolom yang seragam, masing-masing metode dianalisis dalam hal akurasi hasil deformasi, efisiensi penggunaan, dan fleksibilitas terhadap parameter desain. Hasil perhitungan manual menunjukkan deformasi aksial sebesar 0.267 mm, sementara simulasi SAP2000 menghasilkan kisaran 0.27 mm, dan model AI mampu memprediksi nilai sekitar 0.265 mm. Studi ini menunjukkan bahwa pendekatan AI menawarkan potensi besar dalam analisis struktur yang bersifat kompleks, tanpa mengabaikan keandalan metode konvensional maupun numerik. Integrasi ketiga pendekatan dapat memberikan solusi yang lebih holistik dalam pendidikan teknik sipil dan pengembangan sistem desain berbasis teknologi.

Kata Kunci: Deformasi Aksial, Perhitungan Manual, Simulasi SAP2000, *Artificial Intelligence* (AI).

1. Pendahuluan

Analisis deformasi aksial merupakan aspek fundamental dalam rekayasa struktur, khususnya dalam perancangan dan evaluasi kolom beton bertulang. Ketelitian dalam menghitung deformasi sangat menentukan keselamatan dan kinerja bangunan. Di lingkungan akademik maupun profesional, berbagai pendekatan digunakan dalam menghitung deformasi, mulai dari perhitungan manual berbasis teori elastisitas, simulasi numerik menggunakan perangkat lunak seperti SAP2000, hingga metode berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang semakin berkembang dewasa ini.

Perhitungan manual memberikan gambaran dalam pemahaman konsep dasar struktur kolom, namun memiliki keterbatasan dalam mengakomodasi kondisi kompleks dan parameter multidimensi. Sementara itu,

SAP2000 sebagai perangkat lunak analisis struktur telah menjadi standar industri dalam simulasi respon elemen struktural secara kepraktisan dan kebutuhan ragam bangunan yang semakin berkembang, meskipun disisi perlu didukung keterampilan teknis dan penguasaan dan pemahaman model numerik. Di sisi lain, pendekatan AI yang terus berkembang hingga saat ini mampu menawarkan potensi efisiensi dan adaptabilitas tinggi dalam prediksi, terutama saat tersedia data historis dan parameter desain yang bervariasi.

Studi ini bertujuan untuk membandingkan ketiga aspek pendekatan tersebut dalam menganalisis deformasi aksial kolom beton bertulang, dengan menilai akurasi hasil, efisiensi implementasi, serta fleksibilitas terhadap variasi input desain. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi integratif bagi dunia akademik

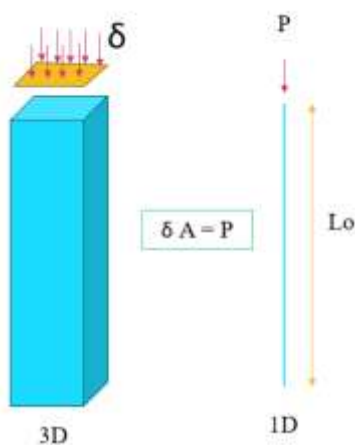
dan profesional teknik sipil dalam memilih pendekatan analisis yang tepat guna dan sasaran sesuai dengan kebutuhan.

2. Kajian Pustaka

2.1 Konsep Desain

Ilmu Statika sebagai dasar konsep analisis yang mengacu pada penyederhanaan perhitungan struktur menjadi dasar bagi para akademisi dan profesional dalam pemahaman konsep struktur.

Pada dasarnya statika menyederhanakan elemen-elemen 3D menjadi elemen-elemen 1D dengan perilaku dominan sebagai elemen batang. Elemen balok dan elemen balok-kolom. (Haris, 2018). Adapun gambar penyederhanaan elemen struktural seperti berikut ini :



Gambar 1. Penyederhanaan Elemen Struktural

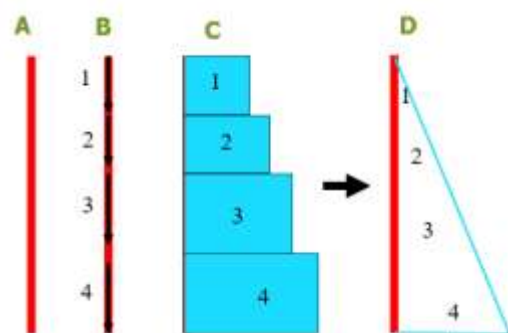
Kolom adalah elemen vertikal yang menahan beban *vertical* dan mendukung beban lantai di atasnya (Pertiwi dkk., 2022 dalam Mega Sukma dkk., 2024). Kolom sendiri berfungsi sebagai pendukung beban-beban dari balok dan pelat, dimana rancangan ini nantinya akan diteruskan ke dasar melalui pondasi (Maharani, 2023 dalam Mega Sukma dkk., 2024).

Respons struktural kolom bangunan dipengaruhi oleh beberapa parameter utama, antara lain gaya aksial, gaya geser, temperatur, momen lentur, dan momen torsi (Sukma dkk., 2024). Sedangkan pada perbedaan konfigurasi kolom pada bangunan berpengaruh terhadap nilai *displacement* dan distribusi gaya dalam pada struktur gedung (Mhd.Ridwan, 2022).

Metode desain struktur terus berkembang sesuai dengan kebutuhan dan tuntutan zaman. Dengan adanya kemajuan teknologi dan penggunaan komputer sebagai alat bantu perhitungan numerik yang kompleks, bisa membuat model perhitungan struktur relatif lebih mudah dan cepat. Pada perkembangan komputasi, sekarang mulai muncul metode pendekatan lainnya yaitu metode kecerdasan buatan atau istilah lainnya adalah *Artificial Intelligence*. AI mulai berkembang dan banyak digunakan para praktisi sebagai pendekatan awal dan kemudahan dalam mengolah data kuantitatif. Perhitungan ini tidak terbatas pada konsep 1D secara statis, tetapi berkembang hingga permodelan metode elemen hingga 3 dimensi (3D).

Penggunaan teknologi komputasi tidak serta merta dapat menggantikan penggunaan elemen-elemen model 1D yang memang praktis dan hasilnya masih dapat mendekati hasil analisis jika menggunakan model elemen 3D. Dengan kata lain, hasil analisis statika perlu dianalisis lebih lanjut sampai dengan *level* intensitas gaya, mengingat kekuatan bahan sebagai referensi dalam pemeriksaan kekuatan struktur sederhana dinyatakan dalam satuan intensitas gaya seperti kgf/cm^2 , MPA dan lain-lain. (Haris:2018).

Pada elemen kolom, pendekatan berupa pendekatan kontinue yang mana keluaran dari elemen 1D adalah gaya-gaya dalam, yang disederhanakan akibat dari potongan imajiner menggunakan 1 elemen menghasilkan 1 titik gaya diskrit. Adapun gambar beban kontinue seperti berikut ini :



Gambar 2. Beban Kontinue

Berdasarkan ilustrasi gambar 2, dapat kita jabarkan mengenai massa kolom yang dikaitkan

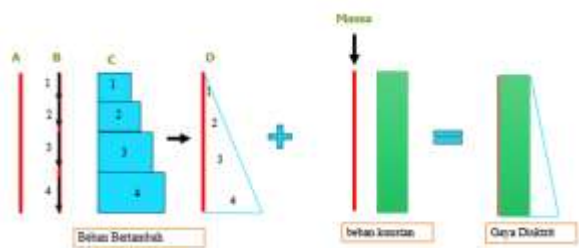
dengan distribusi beban dan segmentasi geometris kolom.

1. Bagian A: Garis merah tegak mewakili kolom tunggal utuh.
2. Bagian B: Panah dan angka 1–4 menunjukkan bahwa gaya tersebut dibagi ke dalam empat bagian, seperti rantai atau titik beban, atau pembagian 4 segmen pendekatan analisis perbagian.
3. Bagian C: Setiap bagian gaya ditampilkan sebagai balok biru yang ditumpuk, menggambarkan massa atau beban yang menekan kolom atau massa terdistribusi secara linier.
4. Bagian D: Semua balok itu digabung menjadi bentuk segitiga, yang menunjukkan distribusi beban dari atas ke bawah secara bertahap. Semakin ke bawah, beban semakin besar atau merupakan penyederhanaan dari gambar C yang mana menunjukkan distribusi beban atau deformasi yang gradual dari atas ke bawah (semakin besar di bawah).



Gambar 3. Beban Konstan

Jika pengaruh kekakuan dihilangkan, dan hanya berdiri pada massa akibat beban luar, maka beban dianggap konstan (Gambar 3). Massa nol mengindikasikan bahwa kolom hanya digunakan dalam analisis beban statis. Inilah yang didasarkan sebagai dasar dari perhitungan statika.



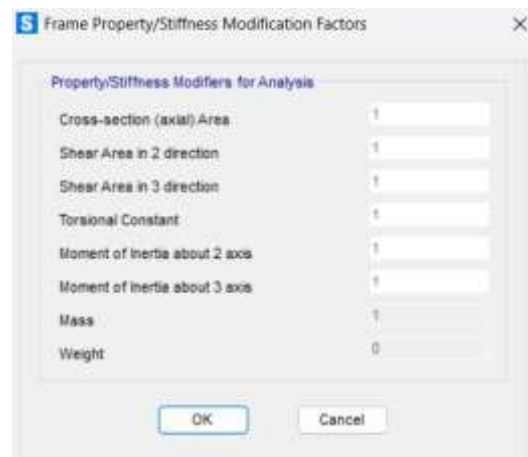
Gambar 4. Penggabungan Beban

Apabila kedua konsep dasar ini digabungkan, maka akan menghasilkan sebuah gaya diskrit yang mana, Gaya Diskrit = Beban Kontinue + Beban Konstan.

2.2 Desain Komputasi

Dalam dunia rekayasa struktur, pemahaman tentang distribusi gaya dan massa pada elemen vertikal seperti kolom atau batang sangat krusial untuk menjamin kestabilan dan keamanan bangunan.

Pada model SAP2000, model statik dapat menggunakan elemen massa = 1 dan *weight* = 0, yang artinya massa tidak bergantung dari beban gravitasi atau tidak diperhitungkan.



Gambar 5. Frame Property pada SAP2000

Gambar di bawah ini menyajikan pendekatan analitis menggunakan perangkat lunak SAP2000 untuk mengevaluasi gaya dan massa pada elemen struktur.



Gambar 6. Model Batang pada SAP2000

Pada model di atas, gambar menampilkan ilustrasi visual dari proses sebuah batang atau kolom yang mana massa pada batang struktur menerus

2.3 Deformasi

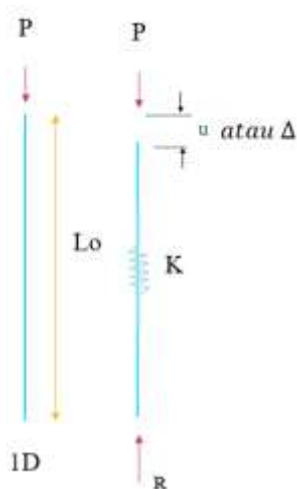
Deformasi struktur adalah perubahan bentuk atau ukuran dari elemen struktural (kolom, balok) akibat gaya eksternal seperti beban (P). Deformasi merupakan indikator penting dalam analisis struktur. Jika deformasi terlalu besar, struktur bisa kehilangan fungsi atau bahkan runtuh.

Deformasi menjadi parameter penting untuk menilai kinerja struktur. Standar perencanaan (SNI atau ACI) menetapkan batas deformasi yang diizinkan agar struktur tetap aman, nyaman, dan fungsional. Analisis deformasi juga digunakan dalam evaluasi gempa, beban dinamis, serta perencanaan jembatan dan gedung bertingkat.

Besarnya deformasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Besar beban (P) yang bekerja pada elemen.
2. Panjang elemen (L) dan luas penampang (A).
3. Modulus elastisitas material (E), yang menunjukkan kekakuan material.
4. Kondisi batas struktur, seperti tumpuan sederhana, jepit, atau bebas.

Jika kita simulasikan dalam bentuk model tiang, maka dapat kita jabarkan berikut ini :



Gambar 7. Beban Kontinue

Gambar 7, sebuah kolom mengalami deformasi akibat adanya beban (P) sebesar Δ atau

dalam bahasa sederhana, kolom menyusut sebesar Δ .

Deformasi dipengaruhi juga oleh faktor kekakuan material dan panjang batang, sehingga apabila dirumuskan, akan menjadi sebagai berikut:

$$\Delta = \frac{PL}{EA} \quad (1)$$

Di mana $E A$ adalah faktor kekakuan.

3. Objek dan Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus komparatif dengan desain kuantitatif deskriptif. Fokus utama adalah membandingkan hasil perhitungan deformasi aksial kolom beton bertulang melalui tiga metode: manual (berbasis elastisitas), simulasi numerik menggunakan SAP2000, dan prediksi berbasis *Artificial Intelligence* (AI).

Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis, dimulai dari penentuan parameter kolom (dimensi, material, dan beban), kemudian dilanjutkan dengan perhitungan manual, simulasi numerik, serta prediksi berbasis AI. Hasil dari setiap metode dicatat dan dianalisis.

Dalam penggunaan AI digunakan produk dari Microsoft yaitu Copilot yang mana pendekatan penulisan berupa kalimat yang sudah disesuaikan dan dilatih sebagai bahan dasar perhitungan *Artificial Intelligence* tanpa melakukan tahap *coding* data atau menggunakan *machine learning*.

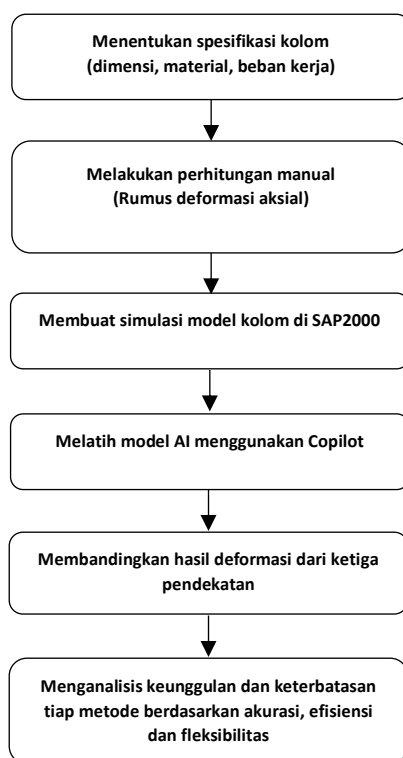
Analisis data berupa hasil deformasi, dan waktu proses. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai persentase deviasi, serta efisiensi tiap metode.

Objek dasar yang digunakan dalam perhitungan struktur adalah berupa kolom beton dengan dimensi dan beban seragam. Dimensi berupa panjang kolom, luas penampang serta material beton berupa modulus elastisitas.

Kemudian pada kolom diberikan beban berupa gaya terpusat yang mana akan menekan atau membebani pada tiang atau kolom model rencana.

Analisis ini mencakup aspek akurasi, kecepatan proses, serta kemudahan penggunaan. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai kelebihan dan keterbatasan masing-masing metode, sekaligus membuka peluang integrasi antara metode tradisional, perangkat lunak, dan teknologi AI dalam analisis struktur.

Pendekatan bagan alir dapat kita ilustrasikan sebagai berikut:



Gambar 8. Bagan alir penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Subjek dan Objek Penelitian

Objek yang dianalisis adalah kolom beton dengan dimensi dan beban seragam. Data digunakan adalah sebagai berikut:

Material:

Beton

modulus elastisitas E : 25,000 Mpa
: 25,000 N/mm²

Panjang kolom : L = 3000 mm

Penampang Persegi luas

: 300 mm × 300 mm

: A = 90,000 mm²

Beban aksial

: P = 200 kN

: P = 200.000 N

4.2 Perhitungan Manual

Perhitungan manual didapat dengan perhitungan sebagai berikut :

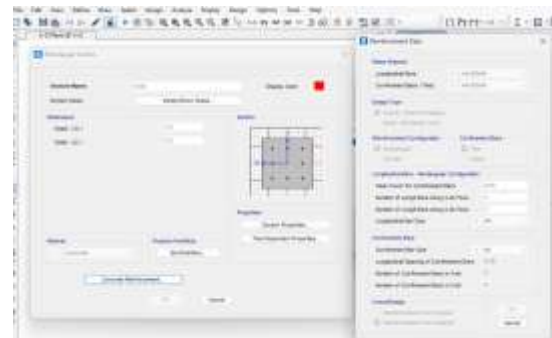
$$\Delta = \frac{PL}{EA}$$

$$\Delta = \frac{200000 \times 3000}{25000 \times 90000}$$

$$\Delta = 0.26667 \text{ mm}$$

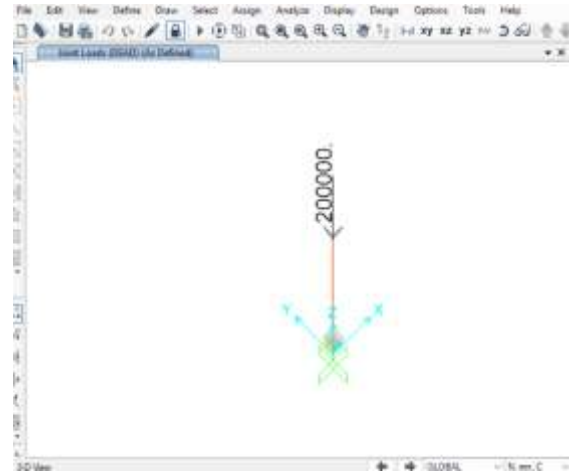
4.3 Analisis SAP2000

Definisikan material sesuai dengan subjek dan objek penelitian. selanjutnya buat *Frame Section* seperti pada gambar di bawah ini:



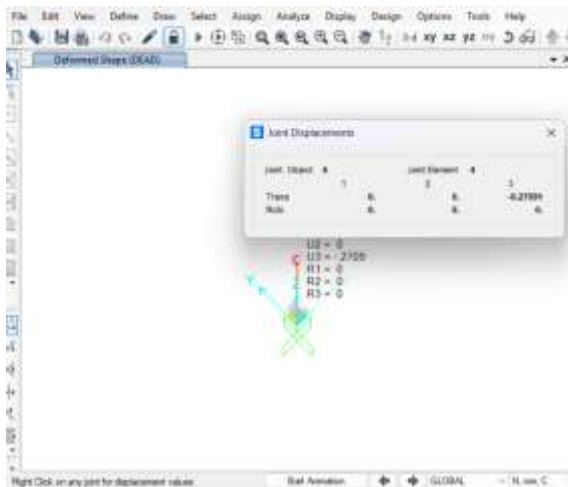
Gambar 9. Input Material

Tahap selanjutnya modelkan kolom dan beri beban.



Gambar 10. Input Pembebanan

Kemudian lakukan *run* dan analisis untuk mendapatkan hasil deformasi.



Gambar 11. Output Deformasi SAP2000

4.3 Artificial Intelligence

Ketik kalimat pada Copilot yang tersedia pada laptop dengan kalimat subjek dan objek penelitian dengan tambahan “hitung deformasi aksial”, kemudian klik *enter*. Hasil akan muncul pada layar kaca sebagai berikut:

4.4 Perhitungan Deformasi Aksial Kolom Beton

Diketahui

1. Material: Beton
2. Modulus elastisitas,
($E = 25 \times 10^3 \text{ MPa} = 25 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$)
3. Panjang kolom,
($L = 3 \text{ m} = 3 \times 10^3 \text{ mm}$)
4. Luas penampang,
($A = 300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} = 90 \times 10^3 \text{ mm}^2$)
5. Beban aksial,
($P = 200 \text{ kN} = 200 \times 10^3 \text{ N}$)

4.4.1 Rumus Dasar

$$[\Delta = \frac{P \times L}{A \times E}]$$

4.4.2 Langkah Perhitungan

1. Hitung hasil kali gaya dan panjang:
($P \times L = 200 \times 10^3 \text{ N} \times 3 \times 10^3 \text{ mm} = 600 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}$)

2. Hitung hasil kali penampang dan modulus:
($A \times E = 90 \times 10^3 \text{ mm}^2 \times 25 \times 10^3 \text{ N/mm}^2 = 2 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{mm}$)
3. Bagi langkah (1) dengan langkah (2):
[$\Delta = \frac{600 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}}{2 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{mm}} = 0.267 \text{ mm}$]

4.4.3 Hasil

Deformasi aksial kolom beton akibat beban 200 kN adalah **0.267 mm**.

4.5 Hasil Perhitungan Deformasi Aksial

Berikut adalah hasil dan pembahasan perhitungan manual dan simulasi SAP2000, serta prediksi AI menggunakan via Copilot.

Tabel 1.
Ringkasan Hasil

Metode	Deformasi (mm)	Waktu	Catatan
Manual	0.267	± 5 menit	Akurat secara teoritis, cocok untuk analisis awal
Simulasi SAP2000	±0.27	± 8 menit	Pendekatan hasil analisis model elemen 3D.
AI (Copilot)	±0.265	<10 detik	Prediksi cepat, bergantung pada kualitas data input

5. Kesimpulan dan Rekomendasi

Studi ini menunjukkan bahwa ketiga pendekatan analisis deformasi aksial kolom beton bertulang memberikan hasil yang relatif konsisten, dengan selisih nilai yang sangat kecil.

1. Perhitungan manual tetap relevan sebagai dasar konseptual dalam pendidikan teknik sipil, meski kurang praktis untuk struktur kompleks.
2. Simulasi SAP2000 menghasilkan visualisasi dan akurasi tinggi, cocok untuk studi desain dan analisis teknis yang komprehensif.
3. AI melalui Copilot menunjukkan efisiensi luar biasa dan potensi dalam prediksi cepat, terutama untuk eksplorasi desain atau sistem berbasis data.

Secara keseluruhan, integrasi ketiga metode dapat memberikan pendekatan holistik dalam pembelajaran dan praktik analisis struktur, menggabungkan ketelitian teoretis, visualisasi numerik, dan kecepatan prediksi berbasis AI.

Penelitian lanjutan dapat dikembangkan dengan model-model statis tertentu atau model struktur dengan desain bangunan yang lebih real, agar hasil lebih memiliki kompleksitas yang lebih tinggi.

Daftar Pustaka

- Abdul Haris. 2018. *Statika untuk Insinyur Inovatif* Jakarta: CPB.
- Maharani, Aulia Ayu, dan Budi Priyanto. 2023. Analisis Faktor-Faktor Penyebab Pengeroposan Beton Kolom pada Proyek Gedung. Surakarta: *Jurnal Teknik Sipil*, halaman 1125–1131.
- Sukma, Mega, dkk. 2024. Analisis Beban Tekan pada Struktur Bangunan dari Aplikasi SAP2000 Menggunakan *Machine Learning*. Cirebon: *Jurnal Teknik Sipil Cendekia*, halaman 993–1007.
- Pertiwi, R.S, dkk. 2022. Perbandingan Perencanaan Perkerasan AASHTO 1993 dan Binamarga 2017 Jalan Nasional Bulu-Tuban-Sadang. *Jurnal Online Skripsi (JOS)*, Vol. 3, No. 2, pp 13-19, Juni 2022.
- Mhd. Ridwan. 2022. Evaluasi Perilaku Struktur Gedung dengan Adanya Kolom Pendek Menggunakan SAP2000. Padang: *Jurnal Teknik Sipil ITP*.