



**ANALISA FORENSIK STRUKTUR KOLOM PADA PEMBANGUNAN
GEDUNG BELAJAR UNIVERSITAS NUKU**

Rasni Samma

Universitas Nuku Tidore

(Naskah diterima: 1 Januari 2024, disetujui: 28 Januari 2024)

Abstract

Seeing these conditions, the author can formulate a problem that becomes the direction of research, namely how is the influence of column dimensions on the strength of the structure of the Nuku University study building and what are the advantages and disadvantages of the column structure in the construction of the Nuku University study building. The method used in this research is to use the SAP2000 application to analyse data. The results of the SAP2000 analysis obtained the results of the relationship between stress and column dimensions in each column dimension. The 2nd floor has the greatest stress on the 25 x 30 cm column of 90.678 kg/m². While the lowest stress on the 1st floor with a column dimension of 35 x 45 is 23,488 kg/m². The column structure in the construction of the Nuku University Learning Building physically does not meet the standards. Structurally, the column bears no maximum load by beams or other structural loads. This is because the ratio of the dimensions of the column to the main beam does not match. Economically very influential, because the dimensions / size of the column and the use of reinforcement is not proportional. So that the use of the budget for the construction of the Nuku University study building will be even greater.

Keywords: SNI 03-2807-2002; ACI 318-2002 Structural Forensic Engineer, Column Planning, SAP2000

Abstrak

Melihat kondisi tersebut maka penulis dapat merumuskan masalah yang menjadi arah penelitian yaitu bagaimanakah pengaruh dimensi kolom terhadap kekuatan struktur gedung belajar Universitas nuku dan bagaimanakah kelebihan dan kekurangan struktur kolom pada pembangunan gedung belajar Universitas Nuku. Metode yang di gunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan aplikasi SAP2000 untuk menganalisa data. Hasil analisis *SAP2000* didapatkan hasil hubungan tegangan dan dimensi kolom pada masing – masing dimensi kolom. Lantai 2 memiliki tegangan terbesar pada kolom 25 x 30 cm sebesar 90,678 kg/m². Sedangkan tegangan terendah pada lantai 1 dengan dimensi kolom 35 x 45 sebesar 23,488 kg/m². Struktur kolom pada pembangunan Gedung Beajar Universitas Nuku secara fisik tidak memenuhi standar. Berdasarkan hasil analisa diatas, maka perencanaan kolom bangunan gedung belajar Universitas Nuku memiliki kekurangan antaralain; Secara struktural, kolom memikul beban tidak maksimal oleh balok maupun beban struktur yang lain. Hal ini di sebabkan karena rasio perbandingan dimensi kolom dengan balok utama tidak sesuai. Secara ekonomis sangat

berpengaruh, karena dimensi/ukuran kolom maupun penggunaan tulangan yang tidak proporsional. Sehingga penggunaan anggaran pada pembangunan gedung belajar Universitas Nuku akan semakin besar.

Kata Kunci: SNI 03-2807-2002; ACI 318-2002 Forensik Engineer Struktur, Perencanaan Kolom, SAP2000

I. PENDAHULUAN

Forensik struktural *engineering* sering disebut sebagai investigasi *engineering* dan cara untuk menentukan penyebab dari kerusakan (kegagalan) struktur pada bangunan. penelitian investigasi yang penulis lakukan ini merupakan bentuk *forensic engineering*.

Berdasarkan kondisi eksisting bangunan / gedung belajar Universitas Nuku sudah mengalami kelebihan kekuatan pada struktur kolom maka dari itu penelitian kali ini untuk meninjau kembali bentuk struktur dan kondisi kolom gedung belajar Universitas Nuku dengan tema penelitian “Analisis Forensik Struktur Kolom” untuk mengetahui kelayakan struktur kolom pada gedung belajar Universitas Nuku.

II. KAJIAN TEORI

Pengertian Beton

Beton merupakan Campuran antara semen Portland, air, dan agregat (dan kadang-kadang bahan tambah, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non kimia) pada per-

bandingan tertentu. Bahan penyusun beton meliputi air, semen, agregat kasar dan agregat halus dan bahan tambah, dimana setiap bahan penyusun mempunyai fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda. Sifat yang penting pada beton adalah kuat tekan, bila kuat tekan tinggi maka sifat-sifat yang lain pada umumnya juga baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton terdiri dari kualitas bahan penyusun, nilai faktor air semen, gradasi agregat, ukuran maksimum agregat, cara pengerjaan (pencampuran, pengangkutan, pemadatan, dan perawatan) serta umur beton (Kardiyono Tjokrodinulyo, 1996:59).

Beton Bertulang

Beton bertulang adalah beton yang dituangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan, dengan atau tanpa prategang, direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dengan menahan gaya yang bekerja (SK SNI T-15-199103;2) atau Beton yang mengandung batang tulangan yang direncanakan berdasarkan anggapan

bahwa kedua bahan tersebut bekerja sama dalam memikul gaya- gaya (PBI 1971;20).

Fungsi Utama Beton Bertulang

Dari uraian di atas dapat di pahami bahwa beton maupun baja-tulangan pada struktur beton bertulang tersebut mempunyai fungsi atau tugas pokok yang berbeda, sesuai dengan sifat bahan yang bersangkutan.

Fungsi utama dari beton, yaitu untuk:

1. Menahan beban/gaya tekan
2. Menutup baja tulangan agar tidak berkarat.

Sedangkan fungsi utama dari baja tulangan, yaitu untuk:

1. Menahan gaya tarik (meskipun kuat terhadap gaya tekan)
2. Mencegah beton agar tidak melebar.

Bagian struktur dari suatu bangunan banyak yang menerima beban kombinasi momen dan beban normal. Yang paling mudah dikenali yaitu kolom dari suatu portal. Kolom tersebut disamping menerima gaya normal tekan, juga menerima momen lentur akibat sambungan kaku pada balok kolom. Oleh sebab itu kombinasi dari gaya aksial dan momen lentur harus dipertimbangkan dalam proses desain komponen struktur tersebut. Komponen struktur tersebut sering disebut sebagai elemen balok-kolom (beam-columns) (Agus Setiawan 2008). Bila lentur digabungkan de-

ngan tarikan aksial, kemungkinan ketidakstabilannya menjadi berkurang dan kelelahan biasanya membatasi perencanaan. Untuk gabungan lentur dengan tekanan aksial, kemungkinan ketidakstabilannya menjadi meningkat (Salmon dan Johson 1994).

SAP2000

Merupakan salah satu program analisis struktur yang lengkap namun sangat mudah untuk di operasikan. SAP2000 ini adalah versi pertama dari SAP yang secara lengkap terintegrasi dengan Microsoft windows. Prinsip utama penggunaan program ini adalah permodelan struktur, eksekusi analisis, dan pemeriksaan atau operasi desain yang semuanya dilakukan dalam satu langkah atau satu tampilan. Tampilan berupa model secara real time sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan permodelan secara menyeluruh dalam waktu singkat namun dengan hasil yang tepat.

III. METODE PENELITIAN

Data Umum Penelitian

Universitas Nuku merupakan salah satu Kampus yang berada di lingkungan Kota Tidore Kepulauan yang didirikan pada tanggal 28 September tahun 2001, yang terdiri dari 6 (enam) Fakultas dan terbagi dalam 9 (sembilan) program studi. Dengan adanya

berbagai pro-gram studi, Kampus Nuku sangat membutuh-kan pembangunan fasislitas pendukung berupa gedung sebagai sarana dalam proses perkuliahan. Seiring tumbuh kembangnya Kampus dan peningkatan jumlah mahasiswa, mengharuskan pihak universitas memenuhi kebutuhan infras-truktur untuk menunjang perkuliahan. Dalam hal ini pembangunan gedung belajar.

Untuk menjaga dan menjamin kualitas infrastruktur yang berkelanjutan, kiranya sangat di butuhkan pendampingan maupun pengawasan yang baik dalam setiap pembangunan yang ada. Sehingga pada kesempatan ini, dapat di lakukan penelitian di salah satu proyek Perencanaan Pembangunan Penyelesaian Gedung Kuliah di Lingkungan Universitas Nuku oleh CV. CAHYA KONSULTAN. Yang lebih memfokuskan pada tinjauan perencanaan struktur kolom beton Gedung Belajar.

Proses Penelitian

Secara sederhana proses penelitian dapat dibagi menjadi beberapa tahapan yakni: Identifikasi Masalah, Penetapan Tujuan, Studi Literatur, Penentuan Variabel Penelitian, Pengumpulan Data, Analisa Data, Validasi, Pembahasan, Kesimpulan dan Saran.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang di laksanakan adalah: Studi Literatur, Observasi, Wawancara dan Metode kepustakaan.

Teknik Analisa Data

Pada tahapan ini di lakukan proses pengolahan dan analisis data, meliputi data yang diperoleh dari lapangan dan instansi terkait yang berupa gambar desain, dan data- data yang bersesuai dengan pokok bahasan, disusun secara sistematis dan logis sehingga di peroleh suatu gambaran yang akan dibahas. Metode yang digunakan dalam analisa adalah Kontrol kemampuan kolom dengan menggunakan Rumus Perhitungna Dimensi Kolom, Yaitu;

Lebar Penampang Kolom = Lebar Balok + (2 x 5 cm).

Dan Analisa menggunakan ***SAP2000***

IV. HASIL PENELITIAN

Bangunan Gedung Belajar Universitas Nuku di bangun pada tahun 2017, hingga saat ini, pembangunannya belum mencapai 100 %. Secara visual dapat dilihat bahwa kondisi struktur bangunan perlu ditinjau kembali kelakannya.

Pekerjaan Struktur bangunan gedung
Universitas Nuku.

LANTAI I	
1	Kolom Beton Bertulang 35 cm x 45 cm
2	Kolom Beton bertulang 25 cm x 25
3	Balok Beton Bertulang 30 cm x 60 cm
4	Balok beton Bertulang 25 cm x 30 cm
5	Plat Lantai Beton Bertulang
6	Listplank Beton 10/30
7	Tangga Beton
LANTAI II	
1	Kolom Beton Bertulang 30 cm x 25 cm
2	Kolom Beton bertulang 25 cm x 25
3	Balok Beton Bertulang 20 cm x 25 cm
4	Ring Balok Beton Bertulang 15 cm x 20 cm

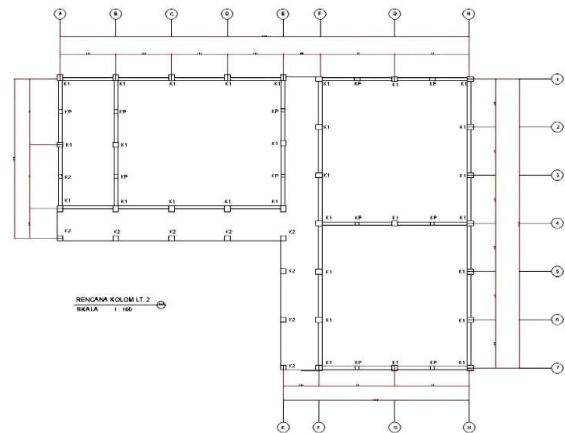
Kriteria Desain

Untuk perhitungan struktur digunakan kriteria desain untuk material beton bertulang dengan parameter-parameter perencanaan sebagai berikut :

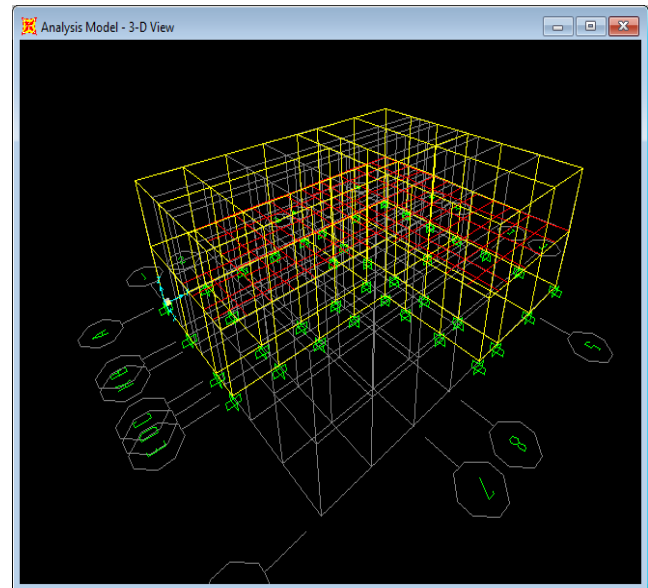
1. Massa jenis beton bertulang : 240 kg/m³
2. Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m³
3. Modulus elastisitas beton : 234500 kg/cm²
4. Angka Poisson : 0,2
5. Koefisien ekspansi panas : $9,9 \times 10^{-6}$ cm/oc
6. Modulus geser beton : 97708,33 kg/cm²
7. Mutu beton : K-225 (kuat tekan spesifik $f'_c = 249$)
8. Mutu tulangan baja :
Tulangan Ulir ($F_y = 4000$ kg/cm²)
Tulangan Polos ($F_y = 2400$ kg/cm²)

Gambar Rencana Struktur

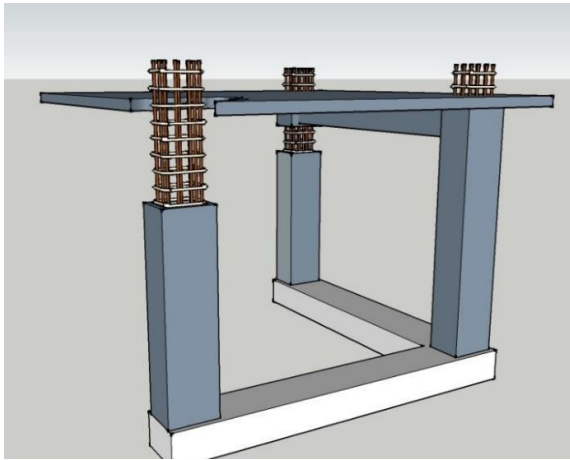
1. Gambar Denah rencana Kolom 2D
AUTOCAD



2. Gambar Perencanaan Kolom 3D dengan
SAP2000



3. Model 3D Struktur Kolom Utama Gedung



Analisa Struktur

1. Perhitungan Dimensi Kolom

Terkait dengan elemen struktur, kolom merupakan salah satu bagian terpenting yang harus dipertimbangkan kelayakannya. Untuk itu, penentuan dimensi/ukuran kolom sangat berpengaruh terhadap struktur bangunan tersebut.

- Kolom Utama Lantai 1 (satu) Lebar penampang kolom = lebar balok + (2 x 5 cm)
maka, $30 \text{ cm} + (2 \times 5 \text{ cm}) = 30 + 10 \text{ cm} = 40 \text{ cm}$, Jadi dimensi kolom yang didapat adalah $40 \times 40 \text{ cm}$

Dari hasil perhitungan dimensi kolom yang layak pada perencanaan struktur kolom dari bangunan Gedung Belajar Universitas Nuku adalah 40 x 40 cm pada kolom utama.

Akan tetapi, pada pelaksanaannya tidak sesuai yaitu kolom utama dengan ukuran 35 x 45 cm.

- Kolom Utama Lantai 2 (dua) Lebar penampang kolom = lebar balok + (2 x 5 cm) maka, 25 cm + (2 x 5 cm) = 25 + 10 cm = 35 cm, Jadi dimensi kolom yang didapat adalah 35 × 35 cm

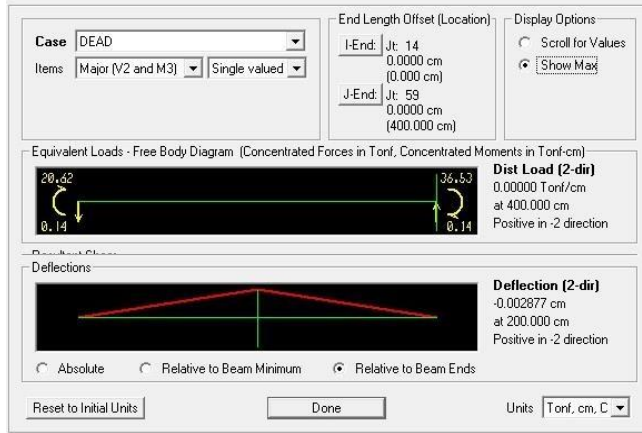
Pada perhitungan dimensi kolom lantai 2 Gedung Belajar Universitas Nuku adalah 35 x 35 cm. Akan tetapi, realisasinya juga berbeda yaitu 25 x 30 cm.

2. Desain Kolom dengan *SAP2000*

ACI 318-05/IBC2003 COLUMN SECTION DESIGN									
Type: Sway Special Units: Tonf, cm, C (Flexural Details)									
L=400.000									
Element : 255 D=37.000 D=44.000 dc=6.600									
Station Loc : 400.000 E=210.550 F=-0.197 Fc=0.197 Lt.Wt. Fac.=1.000									
Section ID : COL04_H1_L1 Egn=4.079 fgs=-2.447									
Combo ID : DC02E RLF=1.000									
Phi(Compression-Spiral): 0.700									
Phi(Compression-Tied): 0.650									
Phi(Tension Controlled): 0.900									
Phi(Shear): 0.750									
Phi(Cyclic Shear): 0.600									
Phi(Joint Shear): 0.850									
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT CHECK FOR PU, M2, M3									
Capacity									
Ratio Rebar Design Design Design									
0.397 1.482 11.976 51.557 683.981									
Factored & Minimum Biaxial Moments									
Non-Sway									
Hns Hs Factored Mu Minimum Main Eccentricity									
Major Bending(M3) 683.981 0.000 683.981 34.059 2.844									
Minor Bending(M2) 51.557 0.000 51.557 31.544 2.634									
Axial Force & Biaxial Moment Factors									
Cn Delta_ms Delta_s K L									
Factor Factor Factor Factor length									
Major Bending(M3) 0.412 1.000 1.000 1.000 400.000									
Minor Bending(M2) 0.400 1.000 1.000 1.000 400.000									

Hubungan Bban dengan Defleksi

Diagrams for Frame Object 300 (KOLOM K1_L1)



Pada saat bangunan memasuki fase konstruksi, didapati bahwa derajat kelangsingan yang berlebihan ini mengakibatkan kolom pada lantai 2 mengalami *defect* berupa defleksi lateral yang berlebihan dan indikasi kapasitas kolom yang tidak memenuhi kebutuhan. *Defect* pada struktur selanjutnya dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis yaitu defleksi yang berlebihan pada kolom dan indikasi kolom dalam kondisi yang tidak aman akibat kesalahan asumsi pembebanan dalam kalkulasi desain struktur. Defleksi terjadi karena overload, pengaruh korosi, ketidakcukupan pada konstruksi awal, beban gempa dan susut.

Hubungan Beban dengan Momen akibat Beban Kombinasi

Diagrams for Frame Object 293 (KOLOM K1_L1)

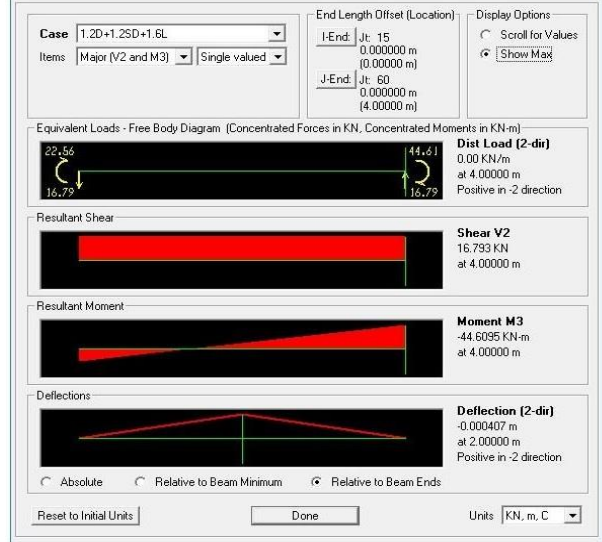


Diagram Momen Negatif K1_L1

Diagrams for Frame Object 293 (KOLOM K1_L1)

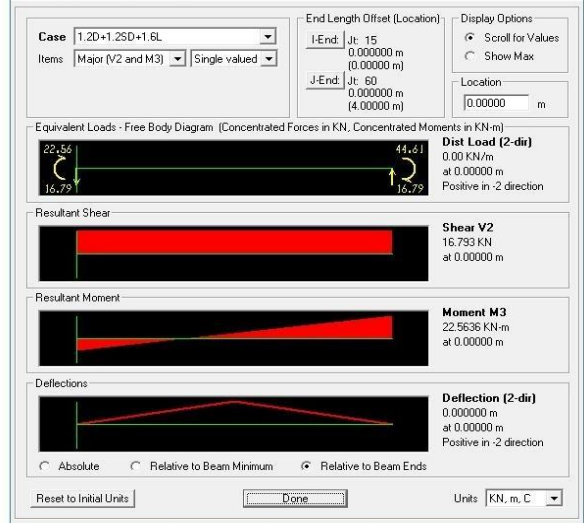


Diagram Momen Negatif K1_L1

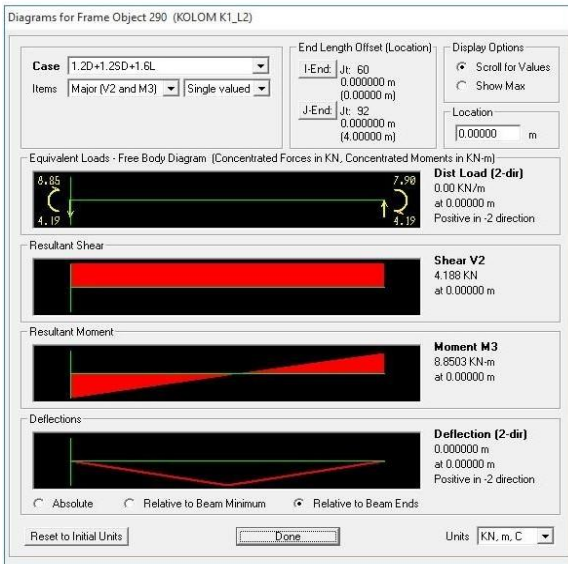
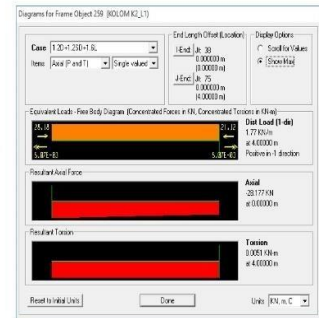
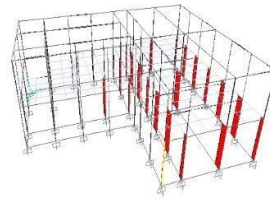


Diagram Momen Negatif K1_L2



Diagram Momen Positif K2_L2

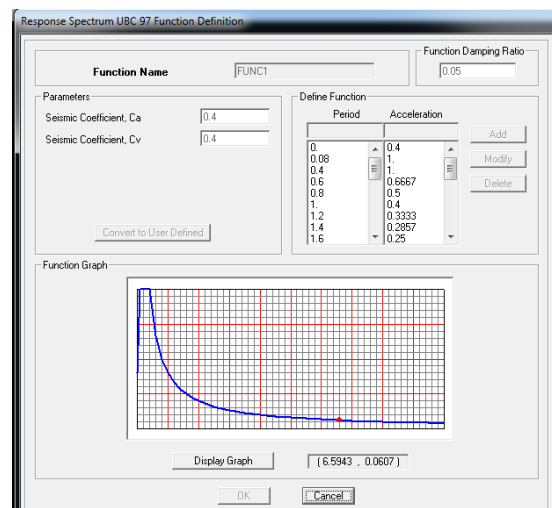


Gambar Diagram Beban Aksial

Bila kolom memikul momen lentur sepanjang bagian tanpa pengekang lateral, akan melendut pada bidang momen lenturnya. Ini akan menghasilkan momen sekunder (menambah besarnya momen) sebesar gaya tekan dikalikan lendutannya (eksentrisitasnya).

Bila portal mengalami pergoyangan, dimana ujung-ujung kolom akan mengalami perpindahan lateral satu dengan yang lain. Hal ini akan menimbulkan juga tambahan momen

Hubungan Tegangan dengan Dimensi Kolom



Dari hasil analisis *SAP2000* didapatkan hasil hubungan tegangan dan dimensi kolom pada masing – masing dimensi kolom. Lantai 2 memiliki tegangan terbesar pada kolom 25 x 30 cm sebesar 90,678 kg/m². Sedangkan tegangan terendah pada lantai 1 dengan dimensi kolom 35 x 45 sebesar 23,488 kg/m². Gambar 4.7 menunjukkan tren semakin besar dimensi kolom semakin rendah tegangan yang terjadi. Hal tersebut menunjukkan jika terjadi pembebanan, terutama pada beban gempa, maka kolom yang memiliki tegangan lebih rendah akan memiliki waktu keruntuhan lebih lama dibanding kolom yang memiliki tegangan tinggi. Hasil analisis menunjukkan semakin tinggi lantai bangunan semakin tinggi tegangan yang dihasilkan pada masing-masing kolom.

Pengaruh Dimensi Kolom terhadap Bangunan

Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (total collapse) seluruh struktur.

Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila

diumpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin. Kolom berfungsi sangat penting, agar bangunan tidak mudah roboh.

Akan tetapi, berdasarkan analisa data di atas, dapat di lihat bahwa adanya perbedaan dimensi kolom antara rencana dan realisasi. Rasio perbandingan antara dimensi kolom rencana maupun realisasi baik pada kolom utama Lantai satu maupun lantai dua tidak sesuai dengan faktor keamanan perencanaan struktur kolom. Hal ini memberikan pengaruh yang sangat signifikan pada kondisi struktur.

Kelebiha dan Kekurangan Struktur Kolom pada Gedung Belajar Universitas Nuku

Berbicara kelebihan maupun kekurangan struktur, tidak hanya di lihat pada seberapa besar dimensi atau ukuran dari pada struktur tersebut. Akan tetapi, tingkat ekonomisnya perlu diperhatikan. Berdasarkan analisa data pada pembangunan Gedung Belajar Universitas Nuku, dapat dilihat bahwa terdapat beberapa kelebihan maupun kekurangan pada perencanaan struktur kolomnya, antara lain;

1. Kelebihan

Melihat dimensi kolom pada konstruksi pembangunan gedung belajar Universitas Nuku, secara struktural bisa di katakan bahwa struktur kolom sudah sangat kuat. Dari hasil analisa SAP2000, dapat di lihat pada momen, devleksifitas dan tingkat kekakuan pada struktur kolom. Artinya, kolom pada gedung belajar universitas Nuku mampu memikul beban struktur lainnya.

2. Kekurangan

Di tinjau dari faktor keamanan sebagaimana terdapat dalam Peraturan SNI Beton Bertulang Untuk Gedung 2847-2013 dan SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, Perencanaan struktur kolom pada Gedung Belajar Universitas Nuku tidak sesuai dengan standar atau syarat yang di tentukan. Ini dapat dilihat pada perhitungan dimensi kolom yang di uraikan sebelumnya.

Berdasarkan hasil analisa diatas, maka perencanaan kolom bangunan gedung belajar Universitas Nuku memiliki kekurangan antara lain;

a. Secara struktural, kolom memikul beban tidak maksimal oleh balok maupun beban struktur yang lain. Hal ini disebabkan karena rasio perbandingan dimensi kolom dengan balok utama tidak sesuai.

b. Secara ekonomis sangat berpengaruh, karena dimensi/ukuran kolom maupun penggunaan tulangan yang tidak proporsional. Sehingga penggunaan anggaran pada pembangunan gedung belajar Universitas Nuku akan semakin besar.

c. Struktur kolom pada pembangunan Gedung Belajar Universitas Nuku secara fisik tidak memenuhi standar. Hal ini dapat dilihat pada kondisi kolom yang memiliki pori maupun keropos. Selain itu, terdapat retak hampir pada seluruh kolom baik pada kolom Utama lantai satu, maupun kolom utam lantai dua, serta di seluruh bagian penampang kolom.



Gambar Kondisi Eksisting Kolom
Pembangunan Gedung Belajar Universitas
Nuku

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa, secara visuals terdapat bnyak kegagalan struk-

tur. Baik berupa pori, rongga, hingga adanya retakan hamper pada seluruh penampang kolom. Ini dapat di tunjukkan adanya kegagalan perencanaan mauoun metode pelaksanaan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada analisa dan pembahasan pada bab sebelumnya, aka penulis dapat menyimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pembangunan Gedung Belajar Universitas Nuku memiliki kelebihan dan kekurangan. Baik dilihat dari segi konstruksi maupun dari segi ekonomi. Secara struktur, konstruksi kolom bangunan sangat kuat (*Over Reinforce*). Akan tetapi, dari segi ekonomi, hal ini sangat berpengaruh karena besarnya dimensi kolom dan material yang di gunakan membutuhkan anggaran yang sangat besar.
2. Dimensi kolom sangat berpengaruh pada struktur bangunan Pembangunan Gedung Belajar Universitas Nuku. Lantai 2 memiliki tegangan terbesar pada kolom 25 x 30 cm sebesar 90,678 kg/m². Sedangkan tegangan terendah pada lantai 1 dengan dimensi kolom 35 x 45 sebesar 23,488 kg/m²

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Petunjuk Perencanaan Beton Bertulang dan Struktur Dinding Bertulang Untuk Rumah Dan Gedung (Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 1987)
- Asroni, A., 2010. Balok dan Pelat Beton Bertulang, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Asroni, A., 2010. Balok dan Pelat Beton Bertulang, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Asroni, A., 2003. Struktur Beton lanjut, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Batubara Samsuardi, 2018. Jurnal Rekayasa Mekanika Sipil Vol. 1 No. 1, Maret 2018 ISSN 2614-5707 "Pengaruh Lubang Pada Kolom Akibat Gaya Aksial Tekan"
- Departemen Pekerjaan Umum, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangun Gedung (SK-SNI-T-15-1991-03), Yayasan LPMB Bandung.
- Degree Indram, Analisa Rasio Tulangan Kolom Beton Berpenampang Bulat Menggunakan Visual Basic 6.0
- Mulyono, 2003 Teknologi Beton. Andi, Yogyakarta
- Nawy, 2010. Beton Bertulang "Sebuah Pendekatan Mendasar" Surabaya.
- Istimawan Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama.

- Sajekti Amin, 2009. Metode Kerja Bangunan Sipil. Yogyakarta. Graha Ilmu
- SK SNI T-15-1991-03, Standar Tata Cara Penghitungan Struktur Beton. "Peraturan Pembebanan
- Indonesia untuk Gedung 1983, Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung tahun 1983, dan lain-lain
- SNI 2847-2013 "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung"
- SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
- SNI 03-2847-2002 Standar Nasional Indonesia, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version) Bandung, Desember 2002
- Wuryati Samekto, Candra Rahmadiyanto, Teknologi Beton. Yogyakarta: Pusat Liturgi 2001:35.