

REDESAIN GEDUNG ASIMETRIS PADA GEDUNG SISTEM ONLINE UNIVERSITAS TERBUKA

Chica Oktavia¹, Feby Aristia Putri², Aris Sujiani³

Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro^{1,2,3}

E-mail : chicaoctavia04@gmail.com¹, aristiafeby@gmail.com², arissujiani16@gmail.com³

ABSTRAK

Perilaku bangunan bertingkat selama gerakan gempa tergantung pada konfigurasi struktural yang mana konfigurasi tidak teratur, baik dalam rencana atau elevasi diakui sebagai salah satu penyebab utama kegagalan selama gempa bumi. Sedangkan dimensi struktur gedung yang besar juga menjadi beban sendiri terhadap bangunan. Oleh karena itu, analisis konfigurasi tidakberaturan struktur Gedung Sistem Ujian Online Universitas Terbuka Lampung dilakukan untuk mengetahui kinerja gedung terhadap simpangan antar tingkat akibat beban gempa dan perhitungan pembebanan dilakukan untuk menghasilkan struktur yang lebih optimal dan efisien.

Kata Kunci : Konfigurasi Struktur Tidakberaturan; Redesain Gedung; Simpangan Antar Tingkat

PENDAHULUAN

Bangunan bertingkat adalah bangunan yang dirancang untuk menambah luas lantai bangunan tanpa menaikkan luas tanah dan menghemat biaya (Kumar, Lingeshwaran, & Jeelani, 2020). Perilaku bangunan bertingkat selama gerakan gempa tergantung pada konfigurasi struktural yang mana konfigurasi tidak teratur, baik dalam rencana atau elevasi diakui sebagai salah satu penyebab utama kegagalan selama gempa bumi (Abraham & Sd, 2019). Struktur yang tidakberaturan perlu dipertimbangkan adanya perilaku penyimpangan antar tingkat pada desain struktur karena membantu dalam meningkatkan utilitas serta estetika struktur.

Struktur dengan konfigurasi yang tidakberaturan dapat dilihat pada Pembangunan Gedung Sistem Ujian Online Universitas Terbuka Lampung. Gedung ini memiliki 4 lantai dan didesain dengan konfigurasi struktur asimetris berbentuk L dan memiliki daerah bukaan yang cukup luas.

Berdasarkan penelitian oleh (Lingeshwaran et al., 2021) bentuk asimetris pada suatu bangunan memberikan pengaruh berupa kinerja struktur yang tidak sebaik kinerja struktur bangunan simetris serta perpindahan lebih kecil pada bangunan simetris dibandingkan pada bangunan asimetris. Namun di sisi lain bentuk gedung yang asimetris, gedung ini didirikan dengan dimensi struktur yang besar dan penulangan yang kokoh.

Namun dimensi struktur yang besar dan penulangan yang kokoh juga menjadi beban sendiri terhadap bangunan. Berdasarkan pengamatan oleh (Korkmaz, Yakut, & Bayraktar, 2019) bangunan yang terkena akibat gempa bumi mengungkapkan bahwa sebagian besar stok bangunan saat ini memiliki ketahanan gempa yang tidak memadai dan keruntuhan beberapa bangunan beton bertulang bertingkat disebabkan beratnya sendiri juga telah diamati meskipun ada aktivitas dinamis. Dengan demikian, (Peng, Ho, Chang, & Chan, 2019) menganggap bahwa mekanisme kegagalan keruntuhan dapat dianggap

sebagai kekeliruan dalam desain struktural yang menunjukkan bahwa desainer mungkin tidak menemukan bahwa berat sendiri tingkat atas dari struktur beton bertulang lebih besar dari beban kritis pada tingkat yang lebih rendah. Dimensi struktur yang besar bisa dikatakan mengalami kondisi *overdesign*. Oleh karena itu, perhitungan pembebanan penting dilakukan untuk menghasilkan struktur yang lebih optimal dan efisien. Analisis pembebanan menjadi pertimbangan dalam menghitung dimensi dan penulangan struktur gedung.

Analisis pembebanan pada struktur untuk mengetahui nilai momen, aksial dan lateral sehingga diperoleh selisih antara desain yang diperlukan dengan desain terpasang kemudian dijadikan acuan dalam penyederhaan dimensi dan penulangan struktur. Sedangkan pada konfigurasi struktur yang tidakberaturan dilakukan analisis berupa aksi simpangan antar tingkat struktur. Dari analisis tersebut menunjukkan simpangan yang terjadi tidak memenuhi syarat simpangan izin berdasarkan SNI 1726-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung sehingga perlu dilakukan peninjauan kembali.

TINJAUAN PUSTAKA

Struktur Bangunan Simetris dan Asimetris

Struktur bangunan simetris dan asimetris disebut juga dengan bangunan beraturan dan tidak beraturan. Suatu bangunan bisa dikatakan asimetris jika strukturnya memiliki ketidakberaturan sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang telah diatur dalam SNI-1726-2019 pada pasal 7.3.2, yang didasarkan pada konfigurasi horizontal dan vertikal dari struktur pada lingkungan kerja. Pembentukan budaya keselamatan dan kesehatan kerja dapat berfungsi dan efektif, apabila program tersebut telah diterima dan diterapkan oleh seluruh

lapisan individu yang terlibat pada proyek konstruksi. K3 merupakan hal penting yang harus diterapkan disetiap perusahaan, hal ini dikarenakan jika terjadi suatu kecelakaan kerja dampak yang timbul tidak hanya merugikan karyawan, tetapi juga perusahaan itu sendiri.

Jenis-Jenis Pembebanan

Ali Asroni (2010:205) terkait beban dan bangunan gedung menyatakan sebagai berikut:

Beban yang bekerja pada struktur bangunan (khususnya bangunan gedung) dibedakan atas 2 macam, yaitu beban vertikal dan beban horizontal. Beban vertikal tersebut merupakan beban gravitasi yang terdiri atas beban mati dan beban hidup, sedangkan beban horizontal merupakan beban yang diakibatkan oleh beban angin ataupun beban gempa. Perencanaan pembebanan pada struktur gedung pada umumnya terdiri atas beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, dan beban air hujan.

Kombinasi Pembebanan

Semua struktur termasuk komponen dan elemen yang membentuk struktur itu sendiri dan elemen-elemen pondasi harus didesain untuk mencapai kuat rencana bahkan melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5. $0,9D + 1,0W$
6. $1,2D + E_v + E_h + L$
7. $0,9D - E_v + E_h$

Keterangan:

D = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap

L = Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

L_r = Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.

R = beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.

W = beban angin

E_h = Pengaruh beban gempa horizontal (SNI 1726-2019 Pasal 7.4.2.1)

E_v = Pengaruh beban gempa vertikal (SNI 1726-2019 Pasal 7.4.2.2)

Program E-tabs

Program E-tabs (*Extended Three Dimensional Analysis Of Building Systems*) merupakan suatu program yang dipergunakan untuk menganalisis dan mendesain pada struktur gedung berkonstruksi beton, baja dan komposit juga untuk melakukan analisis pada baja rangka batang dan dinding geser.

METODE PENELITIAN

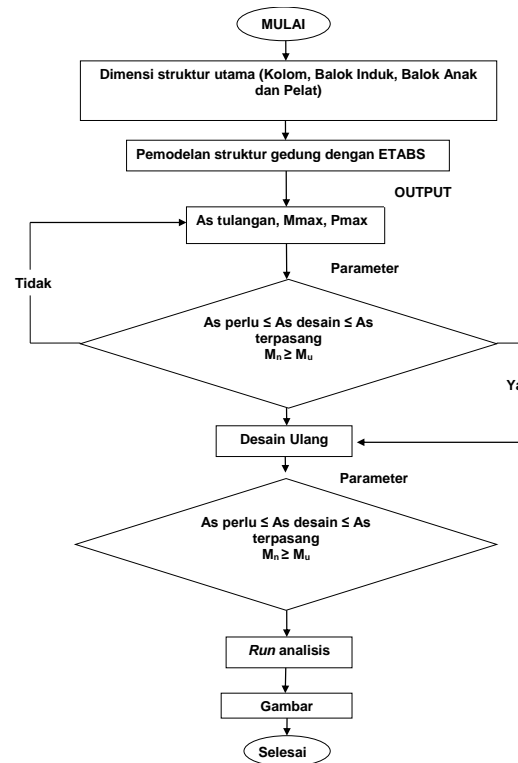
Gambaran Umum

Redesain Gedung Sistem Online Universitas Terbuka Lampung dilakukan dengan perhitungan secara manual dan menggunakan program *E-tabs*.

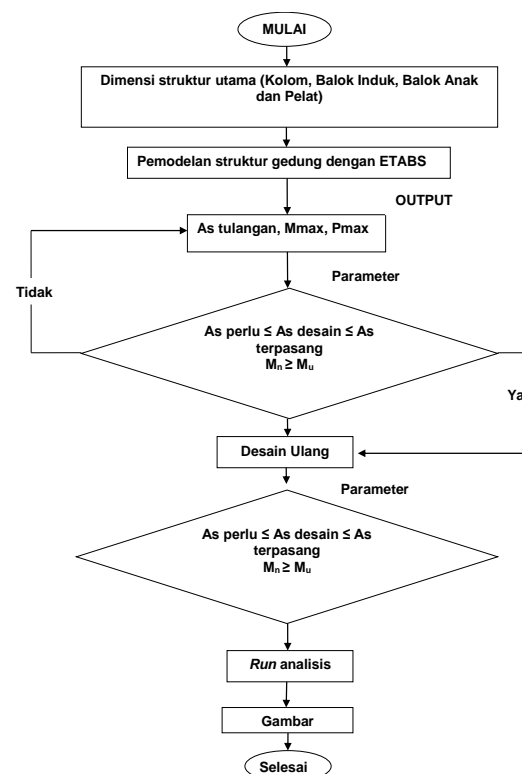
Lokasi Proyek : Universitas Terbuka Lampung

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dapat dilihat pada bagan alur penelitian di bawah ini:



Gambar 1. Diagram alir penelitian (Sumber: Peneliti, 2023)



Gambar 2. Diagram alir perhitungan (Sumber: Peneliti, 2023)

Variabel Penelitian

Variabel operasional dalam penelitian bertujuan untuk menetapkan aturan dan prosedur yang digunakan dalam penelitian, memberikan konsistensi untuk definisi atau variabel sehingga pengumpulan data serta analisa lebih fokus dan efisien. Definisi operasional variabel yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Struktur Beton Bertulang

Beton bertulang diartikan sebagai suatu kombinasi antara beton dan baja dimana tulangan baja berfungsi menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton yang tersusun dari berbagai material seperti semen, air, baja tulangan, agregat halus, agregat kasar dan bahan aditif jika diperlukan. Bahan penyusun inilah yang menentukan mutu dari beton bertulang. Bentuk asimetris dari struktur beton bertulang mempengaruhi kinerja struktur yang tidak sebaik kinerja struktur bangunan simetris terhadap beban dinamis akibat gempa. Hal ini menimbulkan kerentanan struktur terhadap aksi perpindahan lantai sewaktu dikenai beban gempa. Dalam perencanaannya tentu berbeda baik dimensi maupun penulangan yang perlu mendapat perhatian khusus dengan mempertimbangkan akibat dari bentuk struktur serta beban dari berat beton bertulang itu sendiri sehingga akan didapat struktur yang memadai.

2. Dimensi dan penulangan struktur utama

Dimensi dan penulangan struktur yang direncanakan tentu harus memenuhi ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan untuk menjamin struktur tersebut layak. Dimensi struktur yang besar dan penulangan yang baik tentu menjamin bahwa struktur tersebut kuat.

Namun hal tersebut jangan sampai membuat struktur mengalami overdesign yang memakan waktu dalam pengerjaan dan biaya yang besar. Dimensi dan penulangan struktur harus dibuat seefisien mungkin untuk mendapatkan hasil perencanaan pembangunan yang lebih optimal.

Instrument Penelitian

Instrumen dalam penelitian harus mampu memberikan hasil yang sesuai dengan tujuan dari penelitian yang datanya layak dibahas dan ditarik kesimpulan. Selain itu, instrumen penelitian diharapkan mampu mempermudah peneliti dalam melakukan penelitian. Instrumen penelitian yang digunakan oleh peneliti adalah ETABS versi 2018 untuk menggambarkan pemodelan dan melakukan analisis struktur.

HASIL PENELITIAN

Gambaran Umum Proyek

Gedung yang dibangun memiliki 4 lantai dengan luas 564 M² didirikan diatas konstruksi pondasi borepile yang terdiri dari 26 buah pilecap dan 70 tiang pancang.

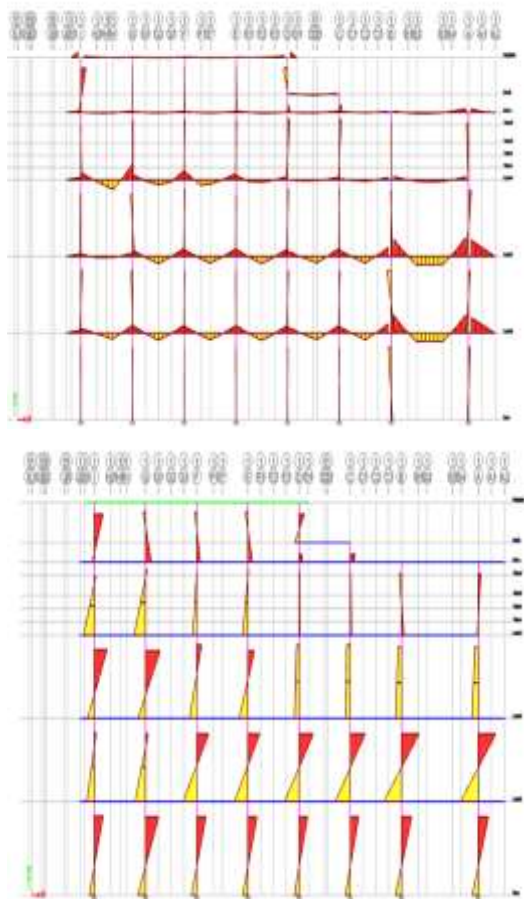
Dari data-data yang diperoleh dilanjutkan pemodelan struktur menggunakan Etabs kemudian input semua pembebanan dan kombinasi-kombinasi beban, Modell kemudian dianalisis yang hasilnya berupa:

- a. Momen Ultimate dan Geser Ultimate untuk acuan penyederhanaan struktur balok.
- b. Momen maksimum dan Tekan maksimum untuk menghitung dimensi dan penulangan struktur kolom.
- c. Mu atau momen ultimate untuk menghitung desain dan penulangan pelat lantai dan pelat atap.

- d. Momen arah x, Momen arah y, dan beban tekan ultimate untuk menghitung desain pondasi.

Konfigurasi struktur gedung yang asimetris dilakukan peninjauan terhadap simpangan antar lantai. Simpangan antar lantai pada bangunan gedung adalah perpindahan horizontal pada bagian atas tingkat yang ditinjau relatif terhadap bagian bawahnya. Simpangan antar lantai pada struktur tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin yang diatur dalam SNI 1726-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung Ketahanan Gempa.

Analisis Gaya Dalam



Gambar 3. Diagram Momen dan Gaya Geser Akibat Kombinasi Pembebanan (Sumber: Peneliti, 2023)

Simpang Antartingkat

Tabel 1. Simpang antar tingkat arah X

Story	Simpangan Rata-Rata Arah X	Pembesaran Simpangan Rata-Rata Arah X (Sim.X x Cd)	H lantai (m)	Simpangan Izin (H lantai x 0,01)	Kontrol
Ring Balok	10,195	5,607	2050	20,5	Oke
Dak B	0,405	2,228	1000	10	Oke
Dak A	2,668	14,674	3740	37,4	Oke
Lt. 4	5,433	29,882	4250	42,5	Oke
Lt. 3	7,717	42,444	4250	42,5	Oke
Lt. 2	7,205	39,628	4800	48	Oke

(Data Primer Penelitian, 2023)



Tabel 2. Simpang antar tingkat arah Y

Story	Simpangan Rata-Rata Arah Y	Pembesaran Simpangan Rata-Rata Arah Y (Sim.Y x Cd)	H Lantai (mm)	Simpangan Izin (H lantai x 0,01)	Kontrol
Ring Balok	1,914	10,527	2050	20,5	Oke
Dak B	1,069	5,880	1000	10	Oke
Dak A	4,964	27,302	3740	37,4	Oke
Lt. 4	6,591	36,251	4250	42,5	Oke
Lt. 3	7,12	39,160	4250	42,5	Oke
Lt. 2	6,007	330,385	4800	48	Oke

(Data Primer Penelitian, 2023)

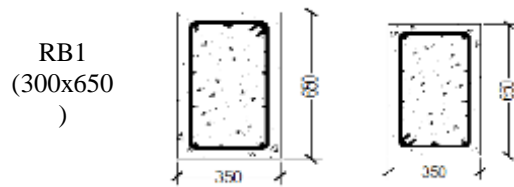
Balok

Tabel 3. Detail Balok B1 dan BK2

TIPE BALOK	TUMPUAN	LAPANGAN
B1 (300x650)		

KETERANGAN

Tulangan Utama Atas	8D19	4D19
Tulangan Utama Tengah	4D10	4D10
Tulangan Utama Bawah	4D19	8D19

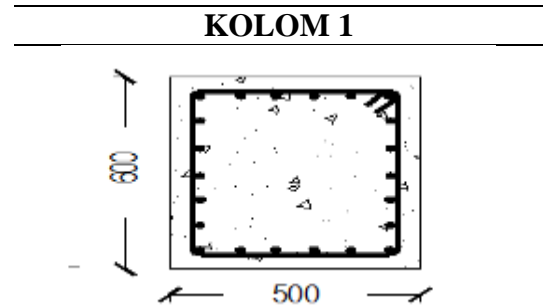


KETERANGAN		
Tulangan Utama Atas	3D19	2D19
Tulangan Utama Tengah	4D10	4D10
Tulangan Utama Bawah	2D19	3D19
Sengkang Sengkang	D10-150	D10-150

(Data Primer Penelitian, 2023)

Kolom

Tabel. 4 Detail Kolom K1



DIMENSI	500 X 600
TULANGAN UTAMA	22D19
SENGKANG ATAS BAWAH	D10 mm – 150 mm
SENGKANG TENGAH	D10 mm – 150 mm

(Data Primer Penelitian, 2023)

Pelat Lantai

Dari hasil analisis yang sudah dilakukan pada struktur pelat dimana perhitungan disesuaikan pada SNI 2847 tahun 2019 yakni desain pelat dilakukan dengan asumsi lebar 1 m, tebal selimut tidak kurang dari 20 mm. Struktur pelat hasil analisis membutuhkan tulangan

dengan A_s , perlu lebih besar daripada desain di lapangan karena pembebanan-pembebanan yang direncanakan.

Berikut desain pelat lantai :

- Desain pelat di lapangan
Pelat lantai
Tebal 120 mm (D10-150)
Pelat atap
Tebal 120 mm (\emptyset 10 -150)
- Desain pelat baru
Pelat lantai
Tebal 120 mm (D10-150)
Pelat atap
Tebal 120 mm (D10 -100)

Penulangan Tie Beam

Tabel. 5 Detail Tie Beam

TB2	
TUMPUAN	LAPANGAN
35 x 40 cm 4 D 19 - 2 D 19 D10 - 200	35 x 40 cm 2 D 19 - 4 D 19 D10 - 200

(Data Primer Penelitian, 2023)

Pondasi

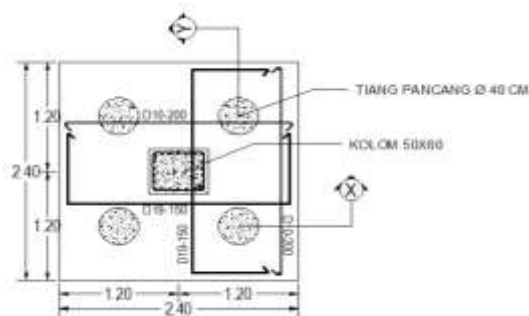
Perhitungan desain pondasi dilakukan dengan mengacu pada SNI 2847 tahun 2019 dimana untuk menentukan jumlah dan susunan tiang, tiang bor, maupun caisson harus ditentukan dari gaya dan momen tak terfaktor yang ditransmisikan ke komponen tiang. Untuk hasil perhitungan dimensi pile cap dilakukan kontrol geser 1 arah dan geser 2 arah dimana $\Phi V_c > V_u$ dan untuk penulangan utama pile cap A_s terpakai harus lebih besar dari $A_{s,perlu}$ dan $A_{s,min}$ sedangkan untuk penulangan bagi diambil 20% dari $A_{s,terpakai}$ tulangan utama. Pada

penelitian ini peneliti tidak melakukan pengujian tanah melainkan menggunakan data pengujian sondir yang dilakukan oleh pihak Universitas Terbuka Lampung. Perencanaan pondasi dihitung dengan data tersebut dan dari hasil perhitungan didapat 2 tipe pondasi baru dari 3 tipe pondasi lapangan.

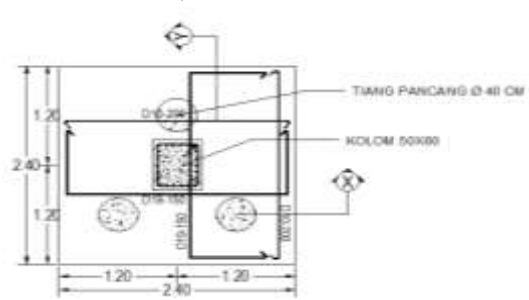
Tabel. 3 Desain Pondasi

Tipe Pondasi	Dimensi (cm)	Tulangan		Tebal Pile Cap (cm)	Tiang Pancang
		Atas	Bawah		
P1	240 x 240	D19 -150	D10-200	110	4- ϕ 40
P2	240 x 240	D19 -200	D10-200	110	3- ϕ 40

(Data Primer Penelitian, 2023)



Gambar 4. Detail Pondasi P1 (Sumber: Peneliti, 2023)



Gambar 5. Detail Pondasi P2 (Sumber: Peneliti, 2023)

KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Analisis terhadap konfigurasi tidak beraturan struktur gedung berupa analisis simpangan antar tingkat. Simpangan antar tingkat yang terjadi pada gedung akibat pembebanan gempa adalah tidak

aman karena simpangan yang terjadi melebihi simpangan izin yang telah diatur dalam SNI 1726-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Ketahanan Gempa sehingga untuk menambah kekakuan struktur dan memperkecil simpangan yang terjadi peneliti menempatkan struktur kolom tambahan pada desain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, N. M., & Sd, A. K. (2019). Analysis of irregular structures under earthquake loads. *Procedia Structural Integrity*, 14, 806-819 % @ 2452-3216.
- Adhikari, A., Rao, K. R. M., Gautam, D., & Chaulagain, H. (2019a). Seismic vulnerability and retrofitting scheme for low-to-medium rise reinforced concrete buildings in Nepal. *Journal of Building Engineering*, 21, 186-199.
- Adhikari, A., Rao, K. R. M., Gautam, D., & Chaulagain, H. (2019b). Seismic vulnerability and retrofitting scheme for low-to-medium rise reinforced concrete buildings in Nepal. *Journal of Building Engineering*, 21, 186-199 % @ 2352-7102.
- Aggarwal, Y., & Saha, S. K. (2021). Seismic performance assessment of reinforced concrete hilly buildings with open story.
- Alfian, M. T., & Listyawan, A. B. (2020). Perencanaan Pondasi Bored Pile Pada Proyek Gedung Retail Mitra 10 Solo. Universitas Muhammadiyah Surakarta,
- Ali, S. R. M., & Saeed, J. A. (2022). Shear capacity and behavior of high-strength concrete beams with openings. *Engineering Structures*, 264, 114431.
- Arif, A. (2017). Studi Perencanaan Struktur Bawah Dengan Pondasi Tiang Pancang Pada Bangunan Igd Rsud Kanjuruhan Malang. Itn Malang,

- Asroni, A. 2010. Balok dan Pelat Beton Bertulang. Edisi Pertama. Cetakan Pertama. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Asroni, A. 2010. Kolom, Fondasi, dan Balok “T” Beton Bertulang. Edisi Pertama. Cetakan Pertama. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Badan Standar Nasional Indonesia. 2019. Baja Tulangan Beton dan Penjelasan. Desember. BSN. Jakarta.
- Badan Standar Nasional Indonesia. 2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Desember. BSN. Jakarta.
- Badan Standar Nasional Indonesia. 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung dan Penjelasan. Desember. BSN. Jakarta.
- Badan Standar Nasional Indonesia. 2020. Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain dan Penjelasan. Desember. BSN. Jakarta.
- Bae, S. G., Choi, J., Oh, H. S., An, J. H., Lee, M. G., Kim, Y., & Park, H. S. (2020). Influence of changes in design parameters on sustainable design model of flat plate floor systems in residential or mixed-use buildings. *Sustainable Cities and Society*, 63, 102498.
- Bagheri, B., Firoozabad, E. S., & Yahyaei, M. (2012). Comparative study of the static and dynamic analysis of multi-storey irregular building. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 6(11), 1847-1851.
- Berger, J. (2022). Effects of flexural stiffness on constraints of imposed deformations in reinforced concrete structures. *Engineering Structures*, 272, 114973 % @ 110141-110296.
- De-la-Colina, J., González-Pérez, C. A., & Valdés-González, J. (2016). Accidental eccentricities, frame shear forces and ductility demands of buildings with uncertainties of stiffness and live load. *Engineering Structures*, 124, 113-127.
- Kurniawan, S. (2016). Analisa Perawatan Beton Cetak Menggunakan Uap. TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil, 5(2)