

Studi Kapasitas Penampang Kolom pada Zona Rasio Eksentrisitas Beban Aksial yang Lebih Besar dari Eksentrisitas Balance (Studi Kasus Gedung Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology Universitas Jember)

Alvin Ilmi Hakiki, Totok Dwi Kuryanto, Pujo Priyono

Abstract

Indonesia is a region prone to earthquakes because it is located at the junction of 3 tectonic plates in the world. Development in Indonesia is increasingly developing and there are more and more skyscrapers, and likewise the development regulations are increasingly developing, the regulations is SNI-2847-2013 and SNI-1726-2013 where the risk category for buildings, especially this building (Education), is from risk category II to risk category IV. This study of the cross-sectional capacity of the building compares two reviews, based on Appendix B and the strain factor. The research was carried out with the help of SAP2000 v.22 software and it was found that the value of the cross-sectional reduction factor due to Appendix B which is reviewed based on axial load is greater than the review based on the reduction factor, it can be concluded that the greater the effect of the moment due to the earthquake, a review based on the reduction factor is more recommended compared to the review according to Appendix B.

Full Text:

PDF

[OPEN JOURNAL SYSTEMS](#)[JOURNAL HELP](#)[USER](#)

Username

Password

 Remember me[NOTIFICATIONS](#)

- » [View](#)
- » [Subscribe](#)

[LANGUAGE](#)

Select Language

English

[JOURNAL CONTENT](#)

Search



Studi Kapasitas Penampang Kolom pada Zona Rasio Eksentrisitas Beban Aksial yang Lebih Besar dari Eksentrisitas Balance

(Studi Kasus Gedung Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology Universitas Jember)
Study of Column Cross-sectional Capacity in Axial Load Eccentricity Ratio Zone which is Greater than Balance Eccentricity

(Case Study of Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology University of Jember)

Alvin Ilmi Hakiki¹⁾, Totok Dwi K²⁾, Pujo Priyono³⁾

¹⁾Mahasiswa Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email: alvinilmih15@gmail.com

²⁾Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Abstrak

Wilayah Indonesia merupakan wilayah rawan gempa dikarenakan inonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng tektonik dunia. Pemangunan di Indonesia semakin berkembang dan semakin banyak gedung-gedung pencakar langit , dan begitujuga dengan peraturan pembangunan semakin berkembang yakni peraturan SNI-2847-2013 dan SNI-1726-2013 dimana katategori resiko untuk bangunan khususnya Gedung ini (Pendidikan) dari kategori resiko II menjadi kategori resiko IV. Penelitian kapasitas penampang Gedung ini membandingkan dua tinjauan yaitu berdasarkan lampiran B dan berdasarkan factor regangan. Penelitian dilakukan dengan bantuan software SAP2000 v.22 dan didapatkan bawah nilai factor reduksi penampang akibat lampiran B yang di tinjau berdasarkan beban aksial lebih besar dibandingkan tinjauan berdasarkan factor reduksi, dapat disimpulkan bahwa dengan semakin besar pengaruh moment akibat gempa tinjauan berdasarkan factor reduksi lebih disarankan digunakan dibanding tinjauan berdasarkan lampiran B.

Kata Kunci: Bangunan Pendidikan, Perbandingan Kapasitas Penampang Kolom, Nilai Faktor Reduksi, SNI-2847-2013, SNI-1726-2013, Sap200 v.22

Abstract

Indonesia is a region prone to earthquakes because it is located at the junction of 3 tectonic plates in the world. Development in Indonesia is increasingly developing and there are more and more skyscrapers, and likewise the development regulations are increasingly developing, the regulations is SNI-2847-2013 and SNI-1726-2013 where the risk category for buildings, especially this building (Education), is from risk category II to risk category IV. This study of the cross-sectional capacity of the building compares two reviews, based on Appendix B and the strain factor. The research was carried out with the help of SAP2000 v.22 software and it was found that the value of the cross-sectional reduction factor due to Appendix B which is reviewed based on axial load is greater than the review based on the reduction factor, it can be concluded that the greater the effect of the moment due to the earthquake, a review based on the reduction factor is more recommended compared to the review according to Appendix B.

Keywords: Education Building, Comparison of Column Cross-sectional Capacity, Reduction Factor Value, SNI-2847-2013, SNI-1726-2013, Sap200 v.22

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada saat ini dengan semakin canggihnya teknologi dan semakin banyak gedung yang

bervariasi juga di ikuti oleh berkembangnya SNI pembangunan gedung itu sendiri, selain itu wilayah Indonesia terletak di daerah rawan gempa yang mana sangat berkaitan dengan jenis dari bangunan ini yaitu pendidikan. Terjadi

perubahan kategori resiko untuk bangunan dari I – IV dan gedung untuk pendidikan termasuk kategori resiko IV dalam artian standart SNI dipertinggi factor keamanannya.

Struktur kolom pada gedung Intergrated Laboratory for Natural Science and Food Technology menggunakan mutu baja U 39 untuk tuangan > 12 mm U 24 untuk tulangan < 12 mm, mutu Beton $f'c$ 29.05 MPa. Jika mengikuti SNI terbaru maka ada beberapa perubahan yang berakibat pada nilai kuat tekannya, sesuai peraturan gempa SNI 1726 – 2012 bahwa setelah di analisis design seismic kabupaten jember masuk dalam kategori resiko D, yang mana harus di rancang SRPMK (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus) akibat dari itu karena daktilitas penuh maka simpangan gedung lebih besar dari simpangan leleh mengakibatkan kolom terkendali tarik, kolom pada kondisi Tarik akan mempunyai factor reduksi Antara daerah transisi sampai dengan Tarik yang Menurut SNI lebih besar 0.65 dan akan memperkecil kapasitas penampang.

Maka dari itu penulis berinisiatif membuat “Studi Kapasitas Kuat Penampang Kolom Pada Zona Rasio Eksentrisitas Beban Aksial yang Lebih Besar dari Eksentrisitas Balanace” (studi kasus Gedung Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology yang Disesuaikan dengan SNI - 2847 - 2013).

B. Rumusan Masalah

Pada penulisan tugas akhir ini permasalahan yang akan diketengahkan adalah

1. Bagaimana pengaruh perubahan factor β_1 Pada nilai kuat tekan, $a =$ tinggi balok tegangan terhadap perubahan nilai \emptyset yang berpengaruh pada kapasitas penampang kolom.
2. Perbedaan nilai factor reduksi \emptyset antara nilai \emptyset yang ditinjau berdasarkan nilai regangan dan berdasarkan lampiran B SNI – 2847 – 2013.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah

1. Melakukan studi pengaruh perubahan factor β_1
2. Mengetahui pengaruh perubahan nilai \emptyset pada kapasitas kuat penampang kolom di gedung Intergrated Laboratory for Natural Science and Food Technology Universitas Jember.

D. Batasan Masalah

Agar studi ini tidak meluas dan tetap dalam pembahsan yang semestinya maka kita melakukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Studi kasus ini dilakukan pada pembangunan Proyek Gedung Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology Universitas Jember.
2. Menggunakan persyaratan beton structural untuk bagnunan gedung SNI-2847-2013 dan ACI 318-14.
3. Tidak membandingkan bentuk penampang kolom.
4. Bagian yang ditinjau adalah Struktur kolom saja.
5. Tidak memperhitungkan RAB (Rencana Anggaran Biaya).

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah

Diharapkan dengan hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat dan informasi terhadap pembaca agar dapat mengetahui kapasitas kuat penampang pada kolom disaat nilai $e > e_b$ yang di sesuaikan dengan ACI 318-14 dan SNI – 2847 - 2013 perihal perencanaan struktur beton

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perencanaan Ketahanan Gempa

Perencanaan ketahanan gempa mengacu pada SNI 03 – 1726 - 2012 mengenai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung.

B. Peraturan yang Digunakan

Pedoman peraturan yang digunakan dalam modifikasi perancangan struktur dengan Special Moment Resisting Frame ini adalah sebagai berikut :

1. Beban minimum untuk perancangan Gedung dan struktur lainnya (SNI-1727:2013)
2. Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan Gedung (SNI-2847:2013)
3. PPIUG 1983, digunakan sebagai pedoman pembebanan struktur.
4. Tata cara perancangan ketahanan gempa untuk struktur bangunan Gedung dan non Gedung (SNI-1726:2012)

C. Pembebanan

Jenis pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan gedung ini adalah beban vertikal dan beban horisontal. Pada tahap analisa gaya-gaya dalam pada struktur utama dilakukan pembebanan dengan beberapa kombinasi pembebanan sesuai dengan ketentuan yang terdapat dalam PPIUG 1983.

a. Beban Vertikal

1. Beban Mati (PPIUG '83 pasal 2)

Beban mati mencakup semua bagian dari struktur gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu. Beban mati ini dihitung berdasarkan PPIUG '83.

2. Beban Hidup (PPIUG'83 pasal 3)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian dan penggunaan gedung tersebut serta kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat dipindahkan, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khususnya pada atap yang dikategorikan beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh butiran air.

b. Beban Horisontal

1. Beban Angin (PPIUG '83 pasal 4)

Mencakup semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Dalam perencanaan ini beban horizontal akibat tekanan

angin diabaikan, karena pengaruhnya relatif kecil dibandingkan dengan beban horisontal akibat gempa.

2. Beban Gempa (SNI – 1726 – 2012)

Mencakup semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang meniru pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dengan menganalisa gedung secara 3 dimensi menggunakan metode Respons Spektrum Analisis, dimana gedung dikenakan spektrum percepatan respon gempa rencana yang dihitung menurut diagram respon spektrum gempa rencana wilayah gempa 4.

Pembebanan gempa bekerja dalam 2 arah utama gedung-gedung secara bersamaan. Kemungkinan bahwa selama suatu jangka waktu yang pendek selama gempa berlangsung, unsur-unsur struktur dalam kedua arah utama (seperti balok-balok portal 2 arah) mencapai taraf leleh secara bersamaan.

Pasal 3.3.2. peraturan gempa, Pasal ini mensyaratkan agar unsur-unsur primer direncanakan terhadap pengaruh 100% dari beban gempa rencana dalam satu arah utama dikombinasikan dengan pengaruh 30% dari beban gempa rencana dalam arah yang tegak lurus.

c. Kombinasi Pembebanan

Sesuai dengan ketentuan yang telah tercantum pada SNI 1726 - 2012, digunakan sebagai pedoman perhitungan Struktur dan pendetailan semua elemen struktur, agar struktur dan komponen dari struktur memenuhi syarat dan ketentuan yang layak pakai terhadap bermacam-macam kombinasi pembebanan yang mungkin terjadi pada bangunan ini, maka harus dipenuhi ketentuan dari faktor pembebanan yang digunakan yaitu: (SNI 03 – 2847 2013, Pasal 9.2).

- Komb I = 1.4D
- Komb II = 1.2D+1.6L
- Komb III = 1.2D+1L+1Eqx
- Komb IV = 1.2D+1L+1Eqy
- Komb V = 0.9D+1Eqx
- Komb VI = 0.9D+1Eqy

D. Kolom

Definisi kolom menurut SNI 03-2547-2002 adalah komponen struktur bangunan yang memiliki tugas utama menyanggah beban aksial desak vertical dengan tinggi yang ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Apabila rasio bagian tinggi dengan dimensi lateral kurang dari tiga disebut *pedestal*.

Kegagalan struktur kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya (collapse) komponen struktur lainnya yang berhubungan dengan kolom (Sudarmoko, 1996). Umumnya kegagalan atau keruntuhan komponen tekan bersifat mendadak, tanpa diawali dengan tanda tanda peringatan yang jelas. Oleh karena itu merencanakan struktur kolom harus diperhitungkan secara cermat sebagai cadangan kekuatan yang lebih tinggi daripada komponen struktur lainnya.

Kolom tidak hanya menerima beban aksial vertical tetapi juga momen lentur, sehingga analisis kolom diperhitungkan untuk menyangga beban aksial tekan dengan eksentrisitas tertentu.

E. Perhitungan Kapasitas Kolom

Adapun tahap-tahap dalam perhitungan kapasitas kolom sebagai berikut :

a. Distribusi Tegangan Ekuivalen

Guna penyederhanaan dalam analisis dan design penampang beton bertulang, maka SNI 2847-2013 Pasal 10.2.7, di izinkan untuk menggunakan distribusi blok tegangan ekuivalent berbentuk blok tegangan whitney, yang pertama diperkenalkan dalam jurnal ACI di tahun 1937. Blok tegangan tersebut didefinisikan sebagai:

1. Tegangan tekan merata sebesar $0.85 f'_c$ di asumsikan terdistribusi merata pada daerah tekan ekuivalent yang dibatasi oleh penampang dan suatu garis lurus yang sejajar sumbu netral sejarak $a = \beta_1 c$ dari serat beton yang mengalami regangan tekan maksimum
2. Jarak c dari pusat serat dengan regangan tekan maksimum ke sumbu netral harus diukur tegak lurus sumbu tersebut
3. Harga β_1 diatur dalam SNI 2847-2013 Pasal 10.2.7.3 sebagai :

- Untuk nilai f'_c Antara 17 sampai dengan 28 MPa, β_1 harus diambil sebesar 0.85
- Untuk f'_c diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0.05 untuk setiap kelebihan kuat tekan sebesar 7 MPa, tetapi β_1 tidak boleh kurang dari 0.65

$$\beta_1 > 28 \text{ MPa} = 0.85 - 0.005 \cdot \frac{f'_c - 28}{7} \geq 0.65$$

Dengan anggapan bahwa perencana menggunakan harga β_1 sesuai dengan ketentuan SNI 03-2847-2002 Pasal 12.2.7.3, harga $\beta_1 = 0.85$ untuk nilai f'_c Antara 17 sampai dengan 30 MPa.

b. Variasi Nilai ϕ Berdasarkan Regangan dan Lampiran B

SNI 2847-2013 Pasal 10.3, mengatur ketentuan mengenai konsep regangan yang terjadi pada penampang beton dan tulangan baja, ada tiga macam jenis penampang yakni :

1. Penampang setimbang (*balanced*). Kondisi ini terjadi pada suatu penampang ketika tulangan baja Tarik mencapai regangan lelehnya (ϵ_s), sedangkan beton yang tertekan mencapai regangan ultimitnya sebesar $(\epsilon_c)0.003$.
2. Penampang terkendali tekan (*compression control*). Kondisi ini terjadi pada suatu penampang ketika tulangan baja Tarik regangannya mencapai sama atau kurang dari batas regangan yang diijinkan, sedangkan beton yang tertekan mencapai regangan ultimitnya sebesar 0.003.
3. Penampang terkendali Tarik (*tension control*). Kondisi ini terjadi pada suatu penampang ketika tulangan baja Tarik regangannya mencapai sama atau melebihi dari batas regangan yang diijinkan, sedangkan beton yang tertekan mencapai regangan ultimitnya sebesar 0.003.

Penampang lain yang berada diantara penampang Tarik dan tekan berada pada daerah transisi.

c. Harga Faktor Reduksi Kekuatan ϕ

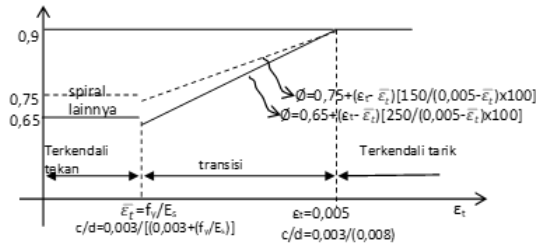
SNI 2847-2013 Pasal 9.3 mengatur tentang ϕ :

1. Penampang terkendali Tarik $\phi = 0.9$
2. Penampang terkendali tekan
 - Tulangan geser spiral $\phi = 0.75$

- Tulangan geser yang lainnya (sejangkang) $\phi = 0.65$
3. Penampang transisi
- Tulangan geser spiral

$$\phi = 0.75 + (\epsilon_t - \bar{\epsilon}_t) \cdot \left\{ \frac{150}{[(0.005 - \bar{\epsilon}_t) \cdot 100]} \right\}$$
 - Tulangan geser yang lainnya (sejangkang)

$$\phi = 0.65 + (\epsilon_t - \bar{\epsilon}_t) \cdot \left\{ \frac{250}{[(0.005 - \bar{\epsilon}_t) \cdot 100]} \right\}$$



Gambar 1 Nilai Faktor Reduksi, ϕ
Tabel 1 Formulasi ϕ untuk berbagai mutu baja untuk tulangan geser sejangkang (lainnya)

| Mutu Baja (fy) | Regangan ijin, $\bar{\epsilon}_t$ | Regangan batas, ϵ_t | ϕ | | |
|----------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---|-----------------------------|
| | | | Terkendali teknan | Transisi | Terkendali tarik |
| 240 | 0,0012 | 0,005 | $\epsilon_t < 0,0012$ 0,65 | $0,0012 < \epsilon_t < 0,005$ $0,65 - (\epsilon_t - 0,0012) \cdot (250/3,8)$ | $\epsilon_t > 0,005$ 0,9 |
| 300 | 0,0015 | 0,005 | $\epsilon_t < 0,0015$ 0,65 | $0,0015 < \epsilon_t < 0,005$ $0,65 - (\epsilon_t - 0,0015) \cdot (250/3,3)$ | $\epsilon_t > 0,005$ 0,9 |
| 350 | 0,0018 | 0,005 | $\epsilon_t < 0,0018$ 0,65 | $0,0018 < \epsilon_t < 0,005$ $0,65 - (\epsilon_t - 0,0018) \cdot (250/3,3)$ | $\epsilon_t > 0,005$ 0,9 |
| 400 | 0,002 | 0,005 | $\epsilon_t < 0,002$ 0,65 | $0,002 < \epsilon_t < 0,005$ $0,65 - (\epsilon_t - 0,002) \cdot (250/3)$ | $\epsilon_t > 0,005$ 0,9 |

SNI 03-2847-2002 tidak memiliki peraturan untuk harga factor reduksi kekuatan ϕ secara mendetail seperti SNI 2847-2013 dan harga factor reduksi kekuatan $\phi = 0.65$ untuk semua kategori penampang. Ketidakpastian kekuatan bahan terhadap pembebanan dianggap sebagai faktor reduksi kekuatan menurut SNI 03-2847-2013 pasal 9.3, faktor reduksi ditentukan sebagai berikut :

Untuk komponen struktur dimana f_y tidak melebihi 420 MPa, dengan tulangan simteris, dan dengan $(d-d')/h$ tidak kurang dari 0,70, ϕ diizinkan ditingkatkan secara linier sampai 0,90 sebagaimana ϕP_n berkurang dari $0,10f_c A_g$ sampai nol. Untuk komponen struktur lainnya, ϕ diizinkan ditingkatkan secara linier sampai 0,90 sebagaimana ϕP_n berkurang dari $0,10f_c A_g$ atau ϕP_b , yang mana yang lebih kecil, sampai nol.

Variasi ϕ ini, bisa dirumuskan sebagai:

1. Untuk kolom dengan tulangan geser sejangkang ikat:

$$\phi = 0.90 - \frac{2.0\phi P_n}{A_g f_c'} \geq 0.70 \quad (2.1)$$

Yang mana akan memberikan:

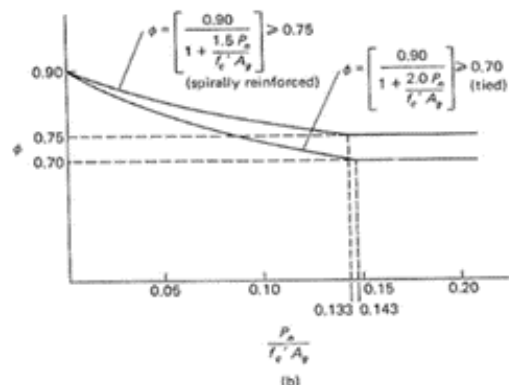
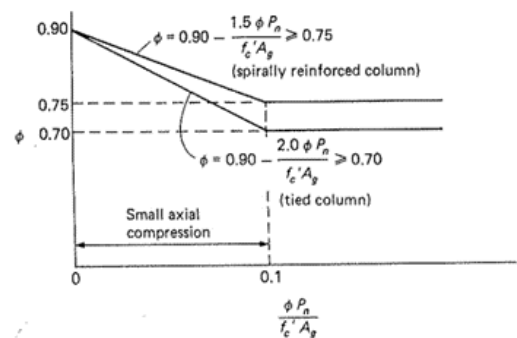
$$\phi = \left[\frac{0.90}{1 + \frac{2.0P_n}{A_g f_c'}} \right] \geq 0.70 \quad (2.2)$$

2. Untuk kolom dengan tulangan geser spiral :

$$\phi = 0.90 - \frac{1.5\phi P_n}{A_g f_c'} \geq 0.75 \quad (2.3)$$

Yang mana akan memberikan:

$$\phi = \left[\frac{0.90}{1 + \frac{1.5P_n}{A_g f_c'}} \right] \geq 0.75 \quad (2.4)$$



Gambar 2 Variasi nilai ϕ untuk kolom yang mempunyai tulangan simteris

Pers.(2.1) dan (2.2) biasanya digunakan sebagai desain preliminary, sebab dengan mencoba nilai A_g , nilai ϕ percobaan yang diperoleh akan digunakan sebagai beban terfaktor P_u untuk ϕP_n . Pers. (2.3 dan (2.4) biasa digunakan untuk memeriksa suatu kolom yang telah didesain, sebab P_n kemudian dicocokkan dengan nilai ϕ yang telah dihitung.

3. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Studi

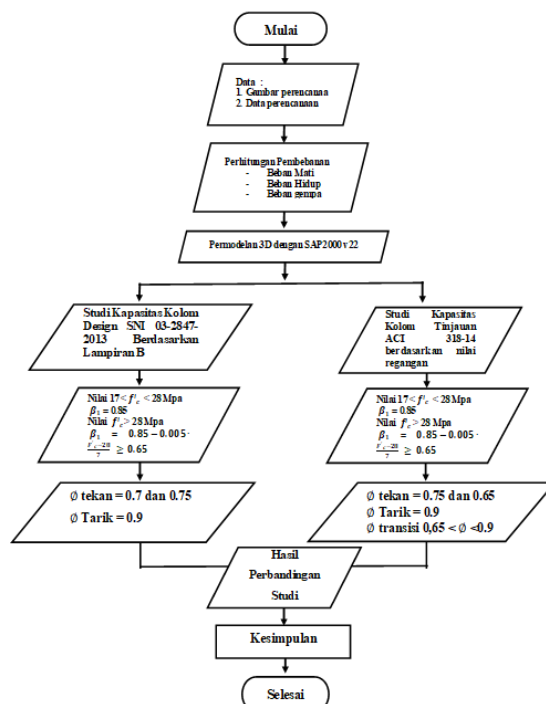
Lokasi Proyek pembangunan gedung Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology Universitas Jember terletak di Jl. Kalimantan No. 37, Krajan Timur, Sumbersari, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur, Kode pos : 68121. lama waktu studi di mulai pada desember 2019.



Gambar 3 Peta Lokasi Proyek

B. Kerangka Penelitian

Adapun kerangka penelitian dapat dilihat melalui *flow chart* berikut :



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

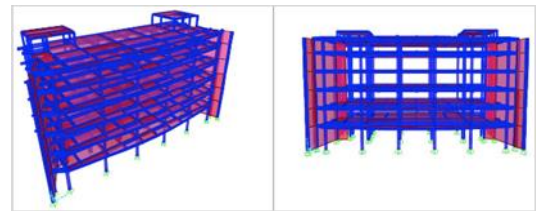
C. Persiapan Data

Persiapan data berupa pengumpulan data dan informasi bangunan gedung Intergrated Laboratory for Natural Science and Food Technology Universitas Jember yang diteliti, baik data sekunder maupun data primer. Data yang didapat antara lain:

- Gambar denah dan detail proyek gedung Intergrated Laboratory for Natural Science and Food Technology Universitas Jember.
- Data perencanaan Gedung yang digunakan.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Informasi Proyek



Gambar 5 Struktur Bangunan Output SAPV22

- Nama Proyek : Gedung Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology
- Fungsi : Fasilitas Pendidikan
- Lokasi : Jember – Jawa TimurSs
- Jumlah Lantai : 7 Lantai
- Tinggi Bangunan : 27 meter
- Bahan Struktur : Beton bertulang
- Pondasi : Tiang Pancang

B. Mutu Bahan

- Beton Struktur : K 350 (29,05 MPa)
- Beton Pondasi : K 250 (20,75 MPa)
- Baja Tulangan : Untuk tulangan ≤ 12 mm, $F_y = 240$ Mpa, Untuk tulangan > 12 mm, $F_y = 390$ MPa

C. Pembebanan

Struktur dibebani dengan beban akibat berat sendiri struktur, beban mati tambahan, beban hidup dan beban gempa. Beban yang digunakan yaitu :

- **Beban Mati (DL)** : Berat sendiri struktur + Beban mati tambahan
- **Beban Hidup (LL)** : Beban penghuni Gedung
- **Beban Gempa (EQ)** : Didesain dengan metode respon spektrum berdasarkan peta wilayah gempa Indonesia.

a. Beban Mati (DL)

Adalah berat sendiri struktur dan komponen lainnya yang harus ditinjau sebagai beban mati. (PPIUG 1983,pasal2.1)

Terdiri atas:

- Berat Elemen struktur (Kolom, Balok, Pelat Lantai)
- Spesi lantai (2 cm) : 36 kg/m²
- Keramik (1 cm) : 24 kg/m²
- Urugan Pasir (3 cm) : 63 kg/m²
- Plafon dan Penggantung : 18 kg/m²
- Pipa dan AC : 10 kg/m²
- Beban Mesin sebagai beban mati tambahan sesuai panel bangunan.
- Beban mati tangga :750 kg/m²
- Beban dinding Bata :250 kg/m²

b. Beban Hidup

Adalah beban guna atau mengikuti fungsi dari suatu bangunan. (PPIUG 1983, pasal 3.1 dan 3.2)

- Beban Hidup pada atap :100 kg/m²
- Beban Hidup Pendidikan :250 kg/m²
- Beban Hidup Tangga :600 kg/m²
- Beban Air Hujan :30 kg/m²

D. Perhitungan Kolom

| COLUMN TYPE | C1-A | C1-B | C2-A | C2-B |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| FLOOR | | | | |
| 6th FLOOR 4th FLOOR | | | | |
| DIMENTION | 600x600 | 600x600 | 700x700 | 700x700 |
| MAIN REBARS | 16022 | 20022 | 16022 | 14022 |
| STIRRUPS | TOP | D10-100 | D10-100 | D10-100 |
| | MID | D10-150 | D10-150 | D10-150 |
| | BOTTOM | D10-100 | D10-100 | D10-100 |
| CROSSIES | D10-100/150 | D10-100/150 | D10-100/150 | D10-100/150 |
| 3rd FLOOR 1st FLOOR | | | | |
| DIMENTION | 700x700 | 700x700 | 700x700 | 700x700 |
| MAIN REBARS | 20022 | 24022 | 18022 | 16022 |
| STIRRUPS | TOP | D10-100 | D10-100 | D10-100 |
| | MID | D10-150 | D10-150 | D10-150 |
| | BOTTOM | D10-100 | D10-100 | D10-100 |
| CROSSIES | D10-100/150 | D10-100/150 | D10-100/150 | D10-100/150 |

Gambar 6 Diagram Alir Penelitian Jenis kolom yang di tinjau

c. C1 A lantai 1 – 3

1. Mencari nilai e di masing masing kolom berdasarkan Output data frame sap2000 v22 yang di peroleh dari : $\frac{M3}{P}$

Table 2 output frame sap v22 plus nilai e

| Frame | Member | Output | Case | CaseType | StepType | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 | ElemStation | e |
|-------|--------|----------|------|-------------|----------|-----------|---------|---------|---------|----------|----------|-------------|-------|
| Text | m | Text | Text | Text | Text | KN | KN | KN | KN-m | KN-m | KN-m | m | mm |
| 83 | 5 | KOMB IV | EQx | Combination | Max | 140,144 | 26,987 | 47,067 | 5,8422 | 135,2309 | 99,4575 | 5 | 709,7 |
| 84 | 0 | KOMB III | EQx | Combination | Max | 190,586 | 85,304 | 49,986 | 7,828 | 89,8806 | 123,8458 | 0 | 649,8 |
| 1032 | 4 | KOMB V | EQx | Combination | Max | -265,838 | 23,4 | 16,894 | 9,3489 | 27,532 | 172,065 | 4 | 647,3 |
| 66 | 0 | KOMB V | EQx | Combination | Max | 173,745 | 55,333 | 64,075 | 8,7183 | 132,0242 | 111,9996 | 0 | 644,6 |
| 62 | 0 | KOMB V | EQx | Combination | Max | 87,049 | -25,699 | 104,97 | 7,4601 | 215,1703 | -52,8364 | 0 | 607,0 |
| 64 | 4 | KOMB III | EQx | Combination | Max | -266,11 | -17,215 | 93,809 | 6,7854 | 208,8944 | 157,5566 | 4 | 591,1 |
| 128 | 4 | KOMB V | EQx | Combination | Max | -1353,285 | 189,604 | 91,081 | 9,8104 | 48,1972 | 755,5704 | 4 | 538,3 |
| 1029 | 0 | KOMB V | EQx | Combination | Max | -490,472 | 67,549 | 32,095 | 7,0118 | 129,288 | 264,5943 | 0 | 539,5 |
| 62 | 4 | KOMB III | EQx | Combination | Max | -279,742 | -45,854 | 102,74 | 7,5496 | 216,7145 | 148,0338 | 4 | 529,2 |
| 525 | 5 | KOMB V | EQx | Combination | Max | -620,238 | 98,4 | 33,501 | 6,7622 | 118,6267 | 313,0577 | 5 | 504,8 |
| 1030 | 0 | KOMB V | EQx | Combination | Max | -586,48 | 85,779 | 31,583 | 9,5841 | 130,7657 | 259,3697 | 0 | 498,5 |
| 62 | 0 | KOMB III | EQx | Combination | Max | -202,153 | -45,854 | 102,74 | 7,5496 | 209,8925 | -96,253 | 0 | 476,1 |
| 137 | 0 | KOMB V | EQx | Combination | Max | -1728,406 | 382,925 | 50,652 | 9,1964 | 99,1703 | 739,1317 | 0 | 427,6 |
| 49 | 0 | KOMB V | EQx | Combination | Max | -386,481 | 86,882 | 22,67 | 7,0723 | 46,398 | 164,813 | 0 | 426,4 |
| 523 | 0 | KOMB V | EQx | Combination | Max | -387,021 | 76,077 | 18,684 | 8,85 | 35,1015 | 163,406 | 0 | 423,3 |
| 1032 | 4 | KOMB III | EQx | Combination | Max | -480,396 | 10,932 | 18,94 | 8,1673 | 23,7609 | 198,3237 | 4 | 412,8 |
| 1031 | 4 | KOMB V | EQx | Combination | Max | -341,665 | 18,957 | 12,935 | 9,1189 | 24,1122 | 137,2012 | 4 | 401,6 |
| 127 | 4 | KOMB V | EQx | Combination | Max | -638,83 | 175,333 | 82,778 | 9,6994 | 44,3154 | 650,5712 | 4 | 397,0 |
| 64 | 0 | KOMB III | EQx | Combination | Max | -188,824 | -17,215 | 93,309 | 6,7854 | 176,3863 | -71,503 | 0 | 381,5 |
| 523 | 0 | KOMB VI | EQx | Combination | Max | -269,187 | 46,492 | 59,666 | 3,2104 | 118,3549 | 100,6371 | 0 | 373,9 |
| 128 | 4 | KOMB III | EQx | Combination | Max | -2315,138 | 138,384 | 111,806 | 9,8396 | 5,8419 | 864,2152 | 4 | 373,3 |
| 62 | 4 | KOMB VI | EQx | Combination | Max | 275,802 | -32,637 | 118,9 | 10,2767 | 238,6699 | 96,8134 | 4 | 351,0 |
| 77 | 4 | KOMB V | EQx | Combination | Max | 252,352 | 50,515 | 56,7 | 8,8095 | 125,1082 | 85,4939 | 4 | 338,8 |
| 136 | 0 | KOMB V | EQx | Combination | Max | -2151,688 | 353,42 | 38,829 | 8,6392 | 79,7973 | 715,1047 | 0 | 332,3 |

2. Mencari nilai regangan berdasarkan nilai e yang di peroleh dari sap2000 v22, mencari nilai regangan (εy) pada kondisi balance, tekendali tarik, terkendali tekan dan pada koondisi transisi.

Diketahui :

$$F_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$F'_c = 29.05 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0.85 - \left(0.005 \times \frac{f'_c - 28}{7}\right)$$

$$= 0.85 - \left(0.005 \times \frac{29.05 - 28}{7}\right)$$

$$= 0.849$$

$$A_{st} = 20 \text{ D } 22$$

$$= n \times \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 20 \times \frac{1}{4} \pi 22^2$$

$$= 7602.7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ast} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 380.13 \text{ mm}^2$$

Ukuran kolom

$$\text{Ag} = b \times h$$

$$= 700 \times 700$$

$$= 490000 \text{ mm}^2$$

$$b = 700 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$d = 650 \text{ mm}$$

$$E = 20000000$$

$$\text{Jr} = \frac{h - (2 \times d')}{\text{jumlah spasi}}$$

$$= \frac{700 - (2 \times 50)}{5}$$

$$= 120$$

Dalam keadaan seimbang

Tercapai saat $\epsilon'c = 0.003$, tulangan $\epsilon_s = \epsilon_y$

$$= \frac{f_y}{E}$$

$$= 0.00195$$

Jadi, nilai $\epsilon_s = 0.00195$

Menentukan x_b :

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$= \frac{600}{600 + 390} \times 650$$

$$= 393.9 \text{ mm}$$

Menentukan nilai C1, C2, C3, T4, T5, T6, Cc

$$\epsilon_1 = \frac{x_b - d'}{x_b} \times \epsilon_c$$

$$= \frac{393.9 - 50}{393.9} \times 0.003$$

$$= 0.0026 > \epsilon_s$$

$$= 0.00195$$

Maka tulangan tekan sudah leleh

$$f_{s1} = f_y$$

$$= 390 \text{ Mpa}$$

$$C1 = n \times a_s \times f_y$$

$$= 6 \times 380.1 \times 390$$

$$= 889510.54 \text{ N}$$

$$\epsilon_2 = \frac{x_b - d' - j_r}{x_b} \times \epsilon_c$$

$$= \frac{393.9 - 50 - 120}{393.9} \times 0.003$$

$$= 0.0017 < \epsilon_s$$

$$= 0.00195$$

Maka tulangan tekan belum leleh

$$f_{s2} = \epsilon_2 \times E$$

$$= 0.0017 \times 20000000$$

$$= 341.08 \text{ Mpa}$$

$$C2 = n \times a_s \times f_y$$

$$= 2 \times 380.1 \times 341.08$$

$$= 259308.99 \text{ N}$$

$$\epsilon_3 = \frac{x_b - d' - (2 \times j_r)}{x_b} \times \epsilon_c$$

$$= \frac{393.9 - 50 - (2 \times 120)}{393.9} \times 0.003$$

$$= 0.0008 < \epsilon_s$$

$$= 0.00195$$

Maka tulangan tekan belum leleh

$$f_{s3} = \epsilon_3 \times E$$

$$= 0.0008 \times 20000000$$

$$= 158.31 \text{ Mpa}$$

$$C3 = n \times a_s \times f_y$$

$$= 2 \times 380.1 \times 158.31$$

$$= 120355.86 \text{ N}$$

$$\epsilon_4 = \frac{d - x - (2 \times j_r)}{d - x} \times \epsilon_y$$

$$= \frac{650 - 393.9 - (2 \times 120)}{650 - 393.9} \times 0.00195$$

$$= 0.00012 < \epsilon_s$$

$$= 0.00195$$

Maka tulangan tekan belum leleh

$$f_{s4} = \epsilon_4 \times E$$

$$= 0.00012 \times 20000000$$

$$= 24.462 \text{ Mpa}$$

$$T4 = n \times a_s \times f_y$$

$$= 2 \times 380.1 \times 24.462$$

$$= 18597 \text{ N}$$

$$\epsilon_5 = \frac{d - x - j_r}{d - x} \times \epsilon_y$$

$$= \frac{650 - 393.9 - 120}{650 - 393.9} \times 0.00195$$

$$= 0.00104 < \epsilon_s$$

$$= 0.00195$$

Maka tulangan tekan belum leleh

$$f_{s5} = \epsilon_5 \times E$$

$$= 0.00104 \times 20000000$$

$$= 207.231 \text{ Mpa}$$

$$T5 = n \times a_s \times f_y$$

$$= 2 \times 380.1 \times 207.231$$

$$= 157550.39 \text{ N}$$

$$\epsilon_6 = \epsilon_s$$

$$= 0.00195$$

Maka tulangan tekan sudah leleh

$$f_{s6} = f_y$$

$$= 390 \text{ Mpa}$$

$$T6 = n \times a_s \times f_y$$

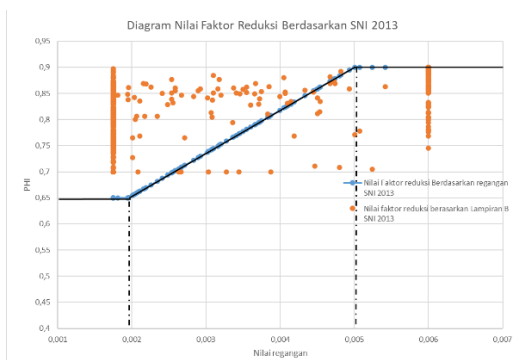
$$= 6 \times 380.1 \times 390$$

$$= 889510.54 \text{ N}$$

$$C_c = 0.85 \times f'_c \times b \times (\beta_1 \times x_b)$$

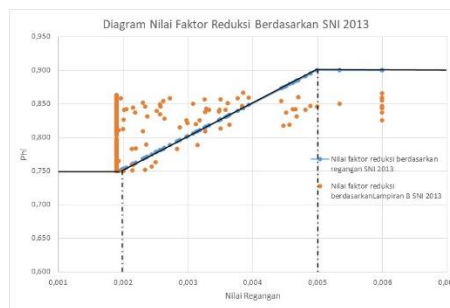
$$= 0.85 \times 29.05 \times 700 \times (0.849 \times 393.9)$$

$$= 5782665.49 \text{ N}$$

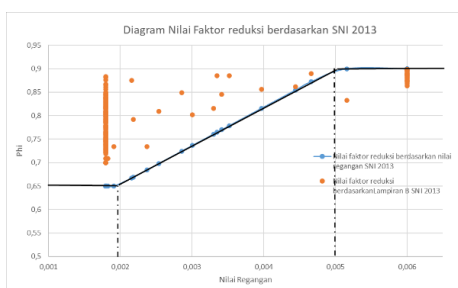


Gambar 8 Diagram nilai factor reduksi SNI – 03 – 2847 – 2013 C1 A lt 4-6

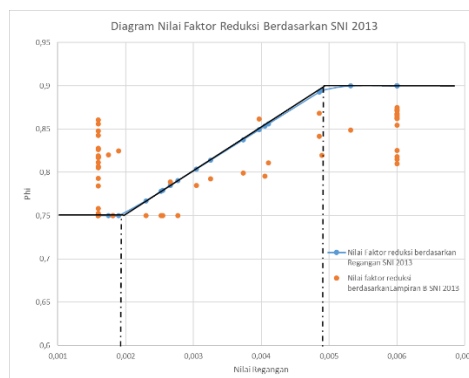
Gambar 11 Diagram nilai factor reduksi SNI – 03 – 2847 – 2013 C2 A lt 1-3



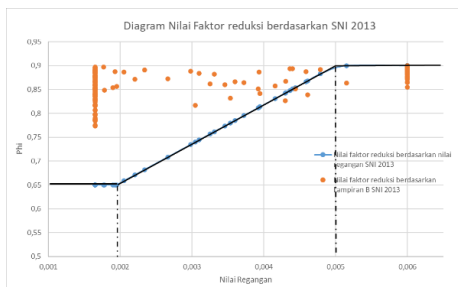
Gambar 12 Diagram nilai factor reduksi SNI – 03 – 2847 – 2013 C2 A lt 4-6



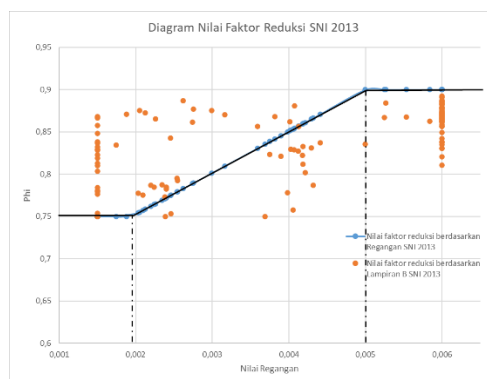
Gambar 9 Diagram nilai factor reduksi SNI – 03 – 2847 – 2013 C1 B lt 1-3



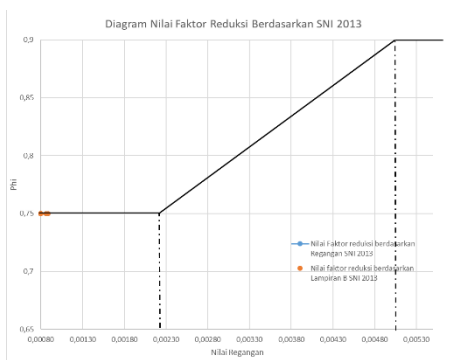
Gambar 13 Diagram nilai factor reduksi SNI – 03 – 2847 – 2013 C2 B lt 1-3



Gambar 10 Diagram nilai factor reduksi SNI – 03 – 2847 – 2013 C1 B lt 4-6



Gambar 14 Diagram nilai factor reduksi SNI – 03 – 2847 – 2013 C2 B lt 4-6



5. PENUTUP

A. Kesimpulan

Tabel 5 Selisi nilai β_1 terhadap Pn dan Mn

| Jenis kolom | Nilai $\beta_1 = 0,85$ | | Nilai $\beta_1 = 0,84925$ | | Prosentase penurunan nilai Pn | Prosentase penurunan nilai Mn |
|---------------|------------------------|-----------|---------------------------|-----------|-------------------------------|-------------------------------|
| | Pn (KN) | Mn (KN-m) | Pn (KN) | Mn (KN-m) | | |
| C1 - A LT 1-3 | 5991,29 | 1673,785 | 5986,18 | 1673,707 | 0,085% | 0,005% |
| C1 - A LT 4-6 | 4334,57 | 1287,920 | 4330,87 | 1287,673 | 0,085% | 0,019% |
| C1 - B LT 1-3 | 6042,17 | 1795,159 | 6037,06 | 1795,080 | 0,085% | 0,004% |
| C1 - B LT 4-6 | 4380,19 | 1387,705 | 4376,48 | 1387,458 | 0,085% | 0,018% |
| C2 - A LT 1-3 | 4784,85 | 1135,660 | 4779,75 | 1135,582 | 0,107% | 0,007% |
| C2 - A LT 4-6 | 4771,58 | 1082,357 | 4766,48 | 1082,279 | 0,107% | 0,007% |
| C2 - B LT 1-3 | 4771,58 | 1082,357 | 4766,48 | 1082,279 | 0,107% | 0,007% |
| C2 - B LT 4-6 | 4580,01 | 1080,750 | 4574,91 | 1080,672 | 0,111% | 0,007% |

1. Pengaruh nilai β_1 terhadap kapasitas kolom ternyata terjadi penurunan jika diukur dalam bentuk prosentase paling besar sejauh 0.111% dan untuk momen penurunan terbesar sebanyak 0.019%, dari prosentase tersebut dapat dikatakan bahwa penurunan yg terjadi sangat kecil dan tidak signifikan akan tetapi tetap perlu di perhitungkan, karena disini nilai f^c yg saya gunakan adalah 29.05 Mpa tidak terpaut jauh selisihnya dengan batas f^c 28 Mpa. Namun jika selisih mutu beton yang digunakan dan mutu beton batasnya terpaut jauh nilai perubahan β_1 sangan perlu di pertimbangkan karena pasti akan membuat penurunan nilai pada Pn dan Mnnya.
2. Dapat di simpulkan bahwa ada beberapa kasus yang terjadi

- a. Beban aksial besar dan momen diabaikan maka pada kondisi ini keruntuhan akan terjadi oleh hancurnya beton.
- b. Beban aksial besar dan momen kecil sehingga seluruh penampang tertekan, pada kondisi ini keruntuhan terjadi oleh runtuhnya beton dan semua tulangan tekan.
- c. Kondisi beban seimbang, saat e
- d. Momen besar, beban aksial kecil jika e di tambah maka keruntuhan terjadi akibat tulangan meleleh sebelum hancurnya beton

Jadi dari ke 8 jenis kolom diatas setelah dibandingkan berdasarkan table diatas nilai factor reduksi ϕ berdasarkan lampiran B dan nilai regangan, bahwa nilai ϕ yang diperoleh dari lampiran B nilainya lebih besar dari nilai ϕ yang di peroleh dari nilai regangan pada kondisi tekan dan transisi itu disebabkan oleh kasus a, sedangkan pada kondisi tarik nilai ϕ yang diperoleh dari nilai regangan lebih besar dibanding nilai ϕ yang diperoleh dari lampiran B.

Mengapa pada acuan SNI 2847 2013 ada penambahan mencari nilai factor reduksi berdasarkan nilai regangan karena pada SNI 2847 2013 mempertimbangkan pengaruh perbandingan momen dan aksial tekan, itu dijelaskan bahwa jika banyak mengandalkan beban aksial tekan saja maka beton saja yang menahan beban tersebut. Sedangkan jika perbandingan momen dan tekan maka yang tertekan bukan hanya dari beton saja melainkan dua sisi tulangan tekan dan betonnya.

B. Saran

Jadi menurut saya dengan semakin besar efek gempa pada bangunan untuk kedepannya tinjauan factor reduksi pada kolom tidak di tinjau hanya dari segi aksial tekannya saja, melainkan harus menggunakan perbandingan antara momen yang terjadi dengan beban aksial tekan, sehingga nilai tersebut bisa lebih complex lagi. Lebih tepatnya menggunakan tinjauan berdasarkan Nilai regangan disbanding lampiran B.

Untuk nilai B1 perlu di pertimbangkan untuk penggunaan mutu beton yang melebihi 28Mpa lebih tepatnya yg memiliki selisih yang jauh dari 28 Mpa semisal > 35 Mpa.

Tabel 6 Perbandingan Nilai factor reduksi

| Frame Station | P | M3 | e | SNI 2013 | phi | Lampiran B SNI 2013 | phi | | |
|---------------|---|-----------|-----------|----------|---------|---------------------|----------------|--------|-------|
| Text | m | KN | KN-m | mm | ey | Ag X Fc (N) | Pu / (Ag X Fc) | | |
| 66 | 0 | -2,465 | 117,2464 | 47564,5 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0002 | 0,900 |
| 77 | 4 | 5,476 | 82,8266 | 15125,4 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0004 | 0,899 |
| 65 | 0 | 7,481 | 72,566 | 9636,8 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0005 | 0,899 |
| 64 | 4 | -19,628 | 134,3693 | 6845,8 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0014 | 0,897 |
| 62 | 4 | -32,797 | 134,0158 | 4086,2 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0023 | 0,895 |
| 62 | 4 | 28,858 | 110,8314 | 3840,6 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0020 | 0,896 |
| 83 | 5 | 93,6 | 311,227 | 3325,1 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0066 | 0,887 |
| 62 | 0 | 44,791 | -115,1791 | 2571,5 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0031 | 0,894 |
| 64 | 0 | 57,561 | -95,6732 | 1650,6 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0041 | 0,892 |
| 65 | 5 | 174,488 | 281,958 | 9636,8 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0123 | 0,876 |
| 65 | 5 | -89,501 | 131,5727 | 1470,1 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0063 | 0,887 |
| 77 | 0 | 83,065 | 104,5429 | 1258,6 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0058 | 0,888 |
| 66 | 4 | -80,054 | 79,5199 | 993,3 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0056 | 0,889 |
| 65 | 5 | -325,609 | 302,0584 | 927,7 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0229 | 0,854 |
| 64 | 4 | 134,122 | 120,4763 | 898,3 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0094 | 0,881 |
| 83 | 5 | 392,289 | 309,9965 | 790,2 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0276 | 0,845 |
| 66 | 4 | 115,553 | 84,7365 | 733,3 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0081 | 0,884 |
| 83 | 5 | 140,144 | 99,4575 | 709,7 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0098 | 0,880 |
| 83 | 0 | 190,586 | 123,8458 | 649,8 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0134 | 0,873 |
| 1032 | 4 | -265,838 | 172,065 | 647,3 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0187 | 0,863 |
| 66 | 0 | 173,745 | 111,9996 | 644,6 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0122 | 0,876 |
| 62 | 0 | 87,049 | -52,8364 | 607,0 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0061 | 0,888 |
| 64 | 4 | -266,11 | 157,5566 | 592,1 | 0,006 | 0,9 | 14234500 | 0,0187 | 0,863 |
| 128 | 4 | -1353,285 | 755,5704 | 538,3 | 0,00580 | 0,9 | 14234500 | 0,0951 | 0,710 |
| 1029 | 0 | -480,572 | 264,4963 | 539,8 | 0,00356 | 0,9 | 14234500 | 0,0345 | 0,831 |
| 62 | 4 | -279,742 | 148,0338 | 529,2 | 0,00537 | 0,9 | 14234500 | 0,0197 | 0,861 |
| 325 | 5 | -620,208 | 313,0577 | 504,8 | 0,00507 | 0,90 | 14234500 | 0,0436 | 0,813 |
| 1030 | 0 | -586,48 | 292,3697 | 498,5 | 0,00496 | 0,90 | 14234500 | 0,0412 | 0,818 |
| 62 | 0 | -202,153 | -96,253 | 476,1 | 0,00469 | 0,87 | 14234500 | 0,0142 | 0,872 |
| 137 | 0 | -1728,406 | 739,1317 | 427,6 | 0,00407 | 0,82 | 14234500 | 0,1214 | 0,700 |
| 49 | 0 | -386,481 | 164,813 | 426,4 | 0,00404 | 0,82 | 14234500 | 0,0272 | 0,846 |
| 323 | 0 | -387,021 | 163,828 | 422,3 | 0,00399 | 0,82 | 14234500 | 0,0273 | 0,846 |
| 1032 | 4 | -480,396 | 198,3237 | 412,8 | 0,00385 | 0,81 | 14234500 | 0,0377 | 0,833 |
| 1031 | 4 | -341,665 | 137,2012 | 401,6 | 0,00370 | 0,79 | 14234500 | 0,0240 | 0,852 |
| 127 | 4 | -1638,83 | 650,5712 | 397,0 | 0,00362 | 0,79 | 14234500 | 0,1151 | 0,700 |
| 64 | 0 | -188,521 | -71,923 | 381,5 | 0,00340 | 0,77 | 14234500 | 0,0132 | 0,874 |
| 523 | 0 | -269,187 | 100,6371 | 373,9 | 0,00324 | 0,76 | 14234500 | 0,0189 | 0,862 |
| 128 | 4 | -2315,138 | 864,2152 | 373,3 | 0,00322 | 0,75 | 14234500 | 0,1626 | 0,700 |
| 62 | 4 | 275,802 | 96,8134 | 351,0 | 0,00305 | 0,73 | 14234500 | 0,0194 | 0,851 |
| 67 | 4 | 252,522 | 85,4963 | 338,8 | 0,00278 | 0,72 | 14234500 | 0,0177 | 0,855 |
| 136 | 0 | -2151,688 | 715,1047 | 332,3 | 0,00269 | 0,71 | 14234500 | 0,1512 | 0,700 |
| 77 | 0 | 310,544 | 101,6629 | 327,4 | 0,00262 | 0,70 | 14234500 | 0,0218 | 0,856 |
| 1029 | 5 | -417,732 | 135,352 | 324,0 | 0,00258 | 0,70 | 14234500 | 0,0293 | 0,841 |
| 48 | 0 | -477,67 | 152,255 | 318,7 | 0,00251 | 0,70 | 14234500 | 0,0336 | 0,833 |
| 66 | 0 | 168,624 | 53,5481 | 317,6 | 0,00249 | 0,69 | 14234500 | 0,0118 | 0,876 |
| 1030 | 0 | -991,276 | 306,0925 | 308,8 | 0,00236 | 0,68 | 14234500 | 0,0696 | 0,761 |
| 1029 | 0 | -849,657 | 256,4244 | 305,3 | 0,00231 | 0,68 | 14234500 | 0,0597 | 0,761 |
| 325 | 0 | -547,468 | 166,5714 | 304,3 | 0,00230 | 0,68 | 14234500 | 0,0385 | 0,823 |



DAFTAR PUSTAKA

- Imran, Iswandi., Zulkifli, Ediansjah., 2014, “*Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*”, Bandung: ITB Press.
- Nasution, Amrinsyah., 2009, “*Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*”, Bandung: Penerbit ITB.
- Pamungkas, Anugrah., Harianti Enry., 2018, “*STRUKTUR BETON BERTULANG TAHAN GEMPA*”, Yogyakarta: ANDI OFFSET.
- Priyono, Pujo., 2018, “*Struktur Beton Jilid 1*”. Jember: Universitas Muhammadiyah Jember.
- Priyono, Pujo., 2019, “*Struktur Beton Jilid 2*”. Jember: Universitas Muhammadiyah Jember.
- Priyono, Pujo., 2019, “*Struktur Beton Tahan Gempa Jilid 2*”. Jember: Pustaka Abadi.
- *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SK SNI 03-2847-2002.*
- *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SK SNI 03-2847-2013.*
- *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. SK SNI 03-1726-2012.*
- Wang, Chu-Kia., Salmon, Charles g., Pincheira., Jose A., 2007, “*REINFORCED CONCRETE DESIGN 7th Edition*” ,USA: University of Wisconsin-Madison.