

ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG TEKNIK LISTRIK POLINEMA MENGGUNAKAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBULAR (CFST)

Anida Nurrahma Aisya¹, Wahiddin².

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang²

Email: anidaaisya3@gmail.com¹, wahiddin@polinema.ac.id²

ABSTRAK

Kota Malang merupakan wilayah dengan potensi gempa yang cukup tinggi sehingga perencanaan struktur gedung harus memperhatikan aspek ketahanan gempa. Politeknik Negeri Malang berencana membangun Gedung Teknik Listrik untuk menunjang kegiatan pendidikan. Salah satu alternatif sistem struktur yang digunakan adalah kolom Concrete Filled Steel Tubular (CFST), yaitu kolom komposit yang memadukan kekuatan baja dan beton. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi rasio lebar terhadap tebal baja (B/t) kolom CFST terhadap story drift, story stiffness, dan kapasitas desain, serta menghitung rencana anggaran biaya (RAB) kolom CFST pada Gedung Teknik Listrik Polinema. Analisis struktur dilakukan secara tiga dimensi menggunakan perangkat lunak ETABS 20 dengan mengacu pada SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 1729:2020. Hasil analisa menunjukkan bahwa story drift meningkat seiring bertambahnya rasio B/t dari tipe A1-4 hingga A1-1 dan A2-4 hingga A2-1 namun keberadaan rebar tidak berpengaruh signifikan dalam mengurangi story drift. Pengaruh rasio B/t juga mempengaruhi nilai kekakuan struktur (*story stiffness*). Kekakuan menurun pada tipe A1-1 dibandingkan A1-4 pada arah X dan Y begitupun dengan kolom A2-1 menurun dibandingkan A2-4. Kapasitas desain kolom CFST meningkat pada rasio B/t yang lebih kecil yaitu pada tipe kolom A1-4 dan A2-4. Rencana anggaran biaya yang diperlukan pada tipe kolom A1 tanpa rebar dan kolom A2 dengan rebar menunjukkan kenaikan harga yang signifikan. Semakin kecil rasio B/t kolom maka rencana anggaran biaya yang diperlukan semakin besar.

Kata kunci : kolom CFST; rasio B/t; kinerja struktur

ABSTRACT

*The city of Malang is an area with a high potential for earthquakes, so building structure planning must take into account earthquake resistance aspects. The Malang State Polytechnic plans to build an Electrical Engineering Building to support educational activities. One of the alternative structural systems used is Concrete Filled Steel Tubular (CFST) columns, which are composite columns that combine the strength of steel and concrete. This study aims to analyze the effect of variations in the width to thickness ratio (B/t) of CFST columns on story drift, story stiffness, and design capacity, as well as to calculate the budget plan (RAB) for CFST columns in the Polinema Electrical Engineering Building. The structural analysis was conducted in three dimensions using ETABS 20 software with reference to SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, and SNI 1729:2020. The analysis results show that story drift increases as the B/t ratio increases from type A1-4 to A1-1 and A2-4 to A2-1, but the presence of rebar does not significantly reduce story drift. The B/t ratio also affects the structural stiffness (*story stiffness*). Stiffness decreases in type A1-1 compared to A1-4 in the X and Y directions, as does column A2-1 compared to A2-4. The design capacity of CFST columns increases at smaller B/t ratios, namely in column types A1-4 and A2-4. The budget plan required for column type A1 without rebar and column A2 with rebar shows a significant increase in price. The smaller the B/t ratio of the column, the greater the required budget plan.*

Keywords : CFST column; B/t ratio; structural performance

1. PENDAHULUAN

Politeknik Negeri Malang berencana melakukan pengembangan fasilitas pendidikan berupa pembangunan gedung laboratorium dan bengkel untuk Jurusan Teknik Elektro, seiring dengan peningkatan jumlah mahasiswa yang terus meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Namun, hingga saat ini kapasitas gedung perkuliahan dan praktikum belum mengalami peningkatan signifikan sejak tahun 2004. Di sisi lain, Kota Malang merupakan wilayah dengan tingkat kerawanan gempa yang tinggi karena berada di dekat zona pertemuan Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia. Kondisi ini menuntut perencanaan struktur gedung yang mampu memberikan kinerja seismik yang baik dan memenuhi aspek keselamatan.

Pada perencanaan gedung konvensional, kolom beton bertulang dengan dimensi besar sering digunakan untuk memenuhi kebutuhan kapasitas struktur. Pada Gedung Teknik Listrik Polinema, kolom beton bertulang direncanakan dengan dimensi 80×80 cm, yang berdampak pada penurunan efisiensi ruang, peningkatan berat struktur, serta bertambahnya beban gempa yang harus ditahan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif sistem struktur yang mampu memberikan kapasitas dan kinerja seismik yang setara atau lebih baik dengan dimensi penampang yang lebih ramping.

Salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah penggunaan kolom Concrete Filled Steel Tubular (CFST), yaitu kolom komposit yang mengombinasikan baja sebagai pembungkus dan beton sebagai material pengisi. Kolom CFST memiliki keunggulan berupa peningkatan kapasitas aksial, kekakuan, dan daktilitas, sehingga sangat sesuai untuk bangunan tahan gempa. Selain itu, penggunaan CFST juga dapat mengurangi kebutuhan bekisting serta mempercepat proses konstruksi, yang berpotensi meningkatkan efisiensi pelaksanaan di lapangan.

Penelitian ini melakukan modifikasi sistem kolom pada Gedung Teknik Listrik Polinema dari kolom beton bertulang berdimensi 80×80 cm menjadi kolom CFST berdimensi 60×60 cm. Parameter utama yang dikaji adalah rasio lebar terhadap ketebalan dinding baja (B/t). Hal ini dikarenakan kinerja struktur kolom CFST berdimensi tipis dipengaruhi oleh rasio lebar terhadap ketebalan (B/t), kuat leleh baja (F_y), serta kuat tekan beton (f_c') [4] yang diketahui berpengaruh signifikan terhadap perilaku inelastik kolom, termasuk potensi tekuk lokal baja, deformasi lateral, dan kapasitas pemikul beban. Evaluasi kinerja struktur dilakukan berdasarkan parameter story drift, story stiffness, kapasitas desain kolom, serta implikasinya terhadap rencana anggaran biaya (RAB).

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai referensi dalam perencanaan struktur gedung tahan gempa yang aman, efisien, dan ekonomis, khususnya dalam penerapan kolom CFST pada bangunan pendidikan di wilayah rawan gempa.

Berdasarkan uraian tersebut maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana pengaruh B/t elemen kolom *Concrete Filled Steel Tubular (CFST)* terhadap *story drift* pada gedung Teknik Listrik Polinema?
- 2) Bagaimana pengaruh B/t elemen kolom *Concrete Filled Steel Tubular (CFST)* terhadap *story stiffness* pada gedung Teknik Listrik Polinema?
- 3) Bagaimana pengaruh B/t elemen kolom *Concrete Filled Steel Tubular (CFST)* terhadap kapasitas desain pada gedung Teknik Listrik Polinema?
- 4) Berapa rencana anggaran biaya penggunaan kolom *Concrete Filled Steel Tubular (CFST)* pada gedung Teknik Listrik Polinema?

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja struktur Gedung Teknik Listrik Polinema menggunakan kolom CFST, khususnya mengenai pengaruh rasio B/t kolom terhadap simpangan antar lantai (*story drift*), kekakuan lantai (*story stiffness*), serta kapasitas desain struktur. Selain analisa struktur, penelitian ini meliputi perhitungan rencana anggaran biaya penggunaan kolom CFST untuk mempertimbangkan aspek ekonominya.

2. METODE

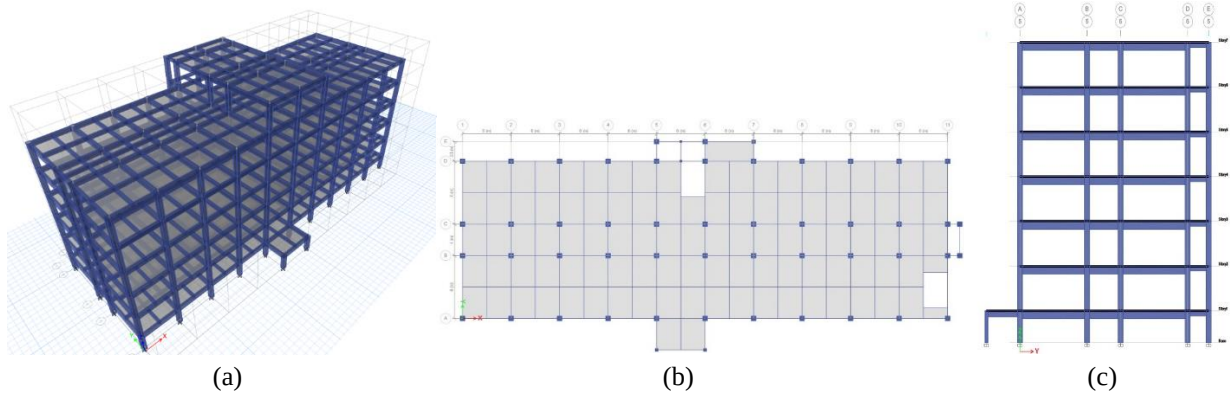
Lokasi studi berada di Jalan Soekarno Hatta No.9 Kota Malang. Dengan Koordinat -7.9452051° lintang utara, 112.6118579° bujur timur.



Gambar 1. Lokasi Studi

Sumber: Google Earth

Gedung Teknik Listrik Polinema memiliki 8 lantai dengan model bangunan dengan sepuluh bentang arah X sepanjang 6000 mm sedangkan dua bentang arah Y 4000 mm dan satu bentang arah Y 8000 mm. Tinggi lantai pertama adalah 5000 mm dan tinggi lantai kedua hingga atap 4500 mm. Elemen struktur terdiri dari pelat lantai tebal 150 mm, Balok B1 (400/800), Balok B2 (400/700), Balok B3 (300/600), Kolom CFST (600/600), Kolom K3 (400/400), Kolom K4 (300/300), Kolom K5 (500/500). Penelitian ini memfokuskan pada Kolom CFST yang akan dianalisis kinerja strukturnya dengan variasi ketebalan baja hollow yang berbeda-beda.



Gambar 2. (a) Permodelan Struktur 3 Dimensi; (b) Denah Lantai 1; (c) Tampak Samping

Material yang digunakan menggunakan mutu beton (f_c') 30 Mpa, Mutu profil baja A36, Mutu Tulangan BJTS 420B, dan BJTP 280 dengan mutu tulangan F_y 420 Mpa dan F_y 280 Mpa.

Penelitian ini akan menggunakan variabel rasio lebar kolom (B) terhadap tebal baja hollow (t) pada kolom CFST. Permodelan dan analisis bangunan dilakukan dengan bantuan software ETABS. Parameter

yang akan diamati yaitu simpangan lateral (*displacement*), simpangan antar lantai (*story drift*), dan kekakuan lantai (*story stiffness*). Selanjutnya, dihitung pula rasio kapasitas desain kolom CFST untuk mengukur efisiensi kolom CFST. Penelitian ini juga meliputi estimasi rencana anggaran biaya untuk kolom CFST yang bertujuan untuk aspek ekonomis dalam pemilihan desain kolom CFST.

Tabel 1. Variasi Penelitian Elemen CFST

No	Gambar Penampang Kolom	Dimensi Kolom (mm)	Tebal baja Hollow (mm)	Tulangan Baja	Rasio B/t	Rasio Profil (%)
A1-1		600/600	14	0-D16	42,85	9,12%
A1-2		600/600	16		37,50	10,38%
A1-3		600/600	18		33,33	11,64%
A1-4		600/600	20		30	12,89%
A2-1		600/600	14	12-D16	42,85	9,12%
A2-2		600/600	16	12-D16	37,50	10,38%
A2-3		600/600	18	12-D16	33,33	11,64%
A2-4		600/600	20	12-D16	30	12,89%

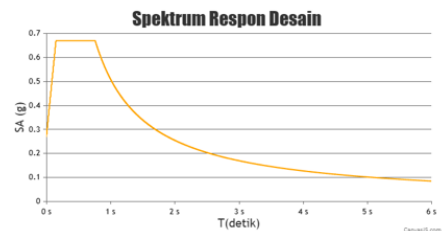
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Pembebanan

Analisis pembebanan dilakukan berdasar pada pertauran SNI 1727-2020 dan SNI 1726-2019. Pembebanan yang dihitung meliputi beban mati sendiri bangunan, beban mati tambahan, beban hidup, dan beban gempa. Seluruh pembebanan yang dimasukkan dalam model struktur kemudian dikombinasikan untuk memperoleh kombinasi beban terfaktor dengan risiko paling kritis.

Analisis Respon Spektrum

Struktur bangunan dikategorikan dalam kategori risiko IV dengan KDS D. Data parameter beban gempa untuk lokasi objek yang diteliti sebagai berikut.



Gambar 3. Grafik Respon Spektrum

Tabel 2. Parameter Beban Gempa

Parameter Gempa		Satuan
PGA MCEG	0,3997	(g) bedrock
SS	0,8649	(g) bedrocl
S1	0,4044	(g) bedrock

TL	20	Detik
ds	0,67	(g)
Sd1	0,51	(g)

Sumber: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>

Analisis respon spektrum bertujuan untuk mengetahui perilaku struktur dan gaya geser dinamis bangunan akibat beban gempa.

Pengaruh Rasio B/t kolom CFST terhadap Story Drift

Hasil analisis setelah dilakukan pada 8 model yang berbeda berdasarkan variasi ketebalan baja hollow, berikut merupakan rekapitulasi nilai simpangan antar lantai (*story drift*) serta grafik pengaruh rasio B/t kolom CFST terhadap simpangan antar lantai (*story drift*)

Tabel 3 Story Drift arah X

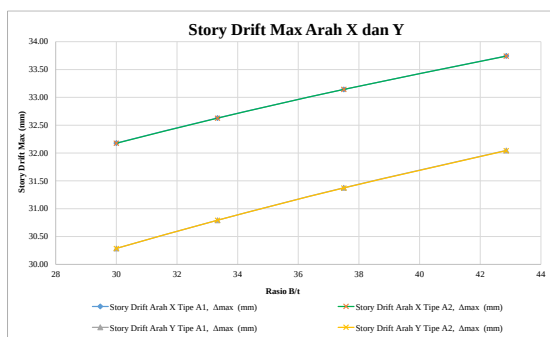
No	Story Drift Arah X, Δ_{max} (mm)							
	Story 1	Story 2	Story 3	Story 4	Story 5	Story 6	Story 7	Max
A1-1	10.567	32.564	33.744	28.574	20.966	12.522	8.452	33.744
A1-2	10.267	31.797	33.143	28.138	20.676	12.408	8.393	33.143
A1-3	10.006	31.123	32.630	27.764	20.434	12.320	8.353	32.630
A1-4	9.775	30.536	32.179	27.445	20.233	12.254	8.327	32.179
A2-1	10.564	32.564	33.741	28.574	20.966	12.522	8.452	33.741
A2-2	10.267	31.794	33.143	28.134	20.676	12.408	8.393	33.143
A2-3	10.006	31.123	32.626	27.764	20.434	12.316	8.356	32.626
A2-4	9.775	30.532	32.175	27.445	20.233	12.250	8.327	32.175

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 4. Story Drift Arah Y

No	Story Drift Arah Y, Δ_{max} (mm)							
	Story 1	Story 2	Story 3	Story 4	Story 5	Story 6	Story 7	Max
A1-1	10.362	31.181	32.047	27.548	20.651	12.841	8.635	32.047
A1-2	10.050	30.367	31.376	27.020	20.277	12.650	8.503	31.376
A1-3	9.775	29.660	30.793	26.569	19.954	12.492	8.389	30.793
A1-4	9.533	29.040	30.287	26.176	19.679	12.360	8.294	30.287
A2-1	10.362	31.181	32.043	27.544	20.651	12.837	8.639	32.043
A2-2	10.047	30.367	31.372	27.020	20.277	12.650	8.499	31.372
A2-3	9.775	29.656	30.793	26.569	19.954	12.492	8.389	30.793
A2-4	9.533	29.036	30.287	26.173	19.679	12.357	8.294	30.287

Sumber: Hasil Analisis

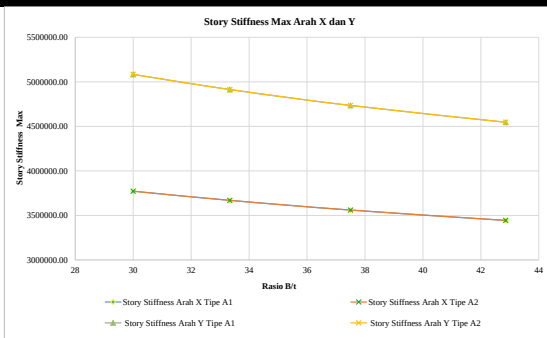


Gambar 4. Grafik Pengaruh Rasio B/t terhadap Story Drift

Berdasarkan analisa dan grafik menunjukkan bahwa semakin meningkat rasio B/t kolom maka nilai simpangan antar lantai (*story drift*) semakin meningkat. simpangan antar lantai meningkat seiring dengan bertambah besarnya

rasio B/t pada kolom. Simpangan antar lantai pada tipe A1-4 menurun 4,640% terhadap tipe A1-1 pada arah X dan pada tipe A1-4 menurun 5,492% terhadap tipe A1-1 pada arah Y. Sedangkan pada kolom dengan rebar tipe A2-4 menurun 4,640% terhadap tipe A2-1 pada arah X dan pada tipe A2-4 menurun 5,481% terhadap tipe A2-1 pada arah Y. Hal ini menunjukkan bahwa adanya rebar tidak berkontribusi besar terhadap peningkatan simpangan antar lantai karena hasil yang diperoleh relatif sama antara kolom CFST dengan rebar dan tanpa rebar.

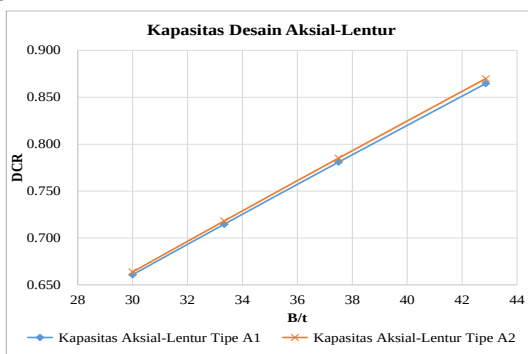
Pengaruh Rasio B/t kolom CFST terhadap Story Stiffness



Gambar 5. Grafik Pengaruh Rasio B/t terhadap Story Stiffness

Berdasarkan analisa diatas, diketahui jika story stiffness menurun seiring dengan bertambahnya rasio B/t kolom. Story Stiffness pada tipe A1-1 menurun 8,695% terhadap tipe A1-4 pada arah X. Sedangkan tipe A1-1 menurun 10,564% terhadap tipe A1-4 pada arah Y. Sedangkan pada kolom CFST dengan rebar pada arah X, story stiffness pada tipe A2-1 Menurun sebesar 8,697% terhadap tipe A2-4 dan pada arah Y tipe A2-1 menurun sebesar 10,566% terhadap tipe A2-4.

Pengaruh Rasio B/t Kolom CFST terhadap Kapasitas Desain



Gambar 6. Grafik Pengaruh Rasio B/t terhadap Kapasitas Aksial-Lentur

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa kapasitas desain berupa kombinasi kuat tekan aksial dan lentur kolom CFST pada tipe A1-1 memiliki nilai *Design Capacity Ratio* (DCR) lebih besar dari tipe A1-4. Sehingga dengan menurunnya rasio B/t, kapasitas desain berupa kombinasi kuat tekan aksial dan lentur pada tipe A1-1 menurun sebesar 23,560% pada tipe A1-4.

Sedangkan pada kolom CFST dengan rebar, nilai *Design Capacity Ratio* (DCR) pada tipe A2-1 lebih besar dari tipe A2-4. Sehingga dengan menurunnya rasio B/t, kapasitas desain berupa kombinasi kuat tekan dan lentur pada tipe A2-1 menurun sebesar 23,681% pada tipe A2-4.

Rencana Anggaran Biaya

Analisis harga satuan pekerjaan (AHSP) dilakukan berdasarkan volume pekerjaan. Hasilnya, biaya satuan pekerjaan kolom CFST meningkat seiring dengan bertambah tebalnya baja hollow.

Pekerjaan Kolom Tipe A1-1: Rp 1,034,756,103

Pekerjaan Kolom Tipe A1-2: Rp 1,053,422,440

Pekerjaan Kolom Tipe A1-3: Rp 1,071,957,786

Pekerjaan Kolom Tipe A1-4: Rp 1,090,362,141

Pekerjaan Kolom Tipe A2-1: Rp 3,540,863,625

Pekerjaan Kolom Tipe A2-2: Rp 3,560,066,987

Pekerjaan Kolom Tipe A2-3: Rp 3,578,065,308

Pekerjaan Kolom Tipe A2-4: Rp 3,596,469,663

Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil rasio B/t kolom maka rencana anggaran biaya yang dibutuhkan semakin besar. Begitupun dengan tipe kolom A2 dengan rebar menunjukkan peningkatan harga yang signifikan dari tipe kolom A1 tanpa rebar.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Penurunan rasio B/t kolom CFST efektif dalam mengurangi nilai simpangan antar lantai (*story drift*). Pada kolom A1-4 dan A2-4 simpangan antar lantai menurun sekitar 4-5% dari kolom tipe A1-1 dan A2-1. seluruh nilai story drift masih berada dalam batas aman karena tidak melebihi batas maksimum. Selain itu, keberadaan rebar tidak memberikan pengaruh signifikan dalam mengurangi story drift, yang ditunjukkan oleh tren peningkatan yang hampir sama antara kolom tipe A1 dan A2.
2. Kekakuan lantai (*story stiffness*) menurun seiring dengan bertambahnya rasio B/t. Kekakuan lantai pada tipe kolom A1-4 dan A2-1 menurun sekitar 8-10% dari kolom tipe A1-4 dan A2-4. Hal ini membuktikan bahwa semakin kecil rasio B/t kolom (baja hollow semakin tebal) maka kekakuan lantai semakin meningkat sehingga dapat memperkuat kemampuan struktur dalam menahan deformasi lateral.
3. Hasil analisis kapasitas desain menunjukkan bahwa rasio B/t memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan kolom CFST dalam memikul beban aksial maupun lentur. nilai DCR menurun dari 0,865 menjadi 0,661 pada A1 dan dari 0,870 menjadi 0,664 pada A2, yang kembali menunjukkan peningkatan kapasitas desain pada penampang dengan ketebalan baja yang lebih besar. Secara keseluruhan, kolom dengan rasio B/t kecil terbukti memberikan kapasitas

desain paling baik dibandingkan kolom dengan rasio B/t besar.

4. Analisis rencana anggaran biaya menunjukkan bahwa total biaya pekerjaan kolom CFST Tipe A1-1 sebesar Rp 1.034.756.103, A1-2 sebesar Rp 1.053.422.440, A1-3 sebesar Rp 1.071.957.786, A1-4 sebesar Rp 1.090.362.141. Sedangkan pada kolom A2-1 sebesar Rp 3.540.863.625, A2-2 sebesar Rp 3.560.066.987, A2-3 sebesar Rp 3.578.065.308, A2-4 sebesar Rp 3.596.469.663. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil rasio B/t kolom maka rencana anggaran biaya yang dibutuhkan semakin besar. Begitupun dengan tipe kolom A2 dengan rebar menunjukkan peningkatan harga yang signifikan dari tipe kolom A1 tanpa rebar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmed, M., Shahin, R. I., Yehia, S. A., Emara, M., Patel, V. I., & Liang, Q. Q. (2024). Nonlinear analysis of square steel-reinforced concrete-filled steel tubular short columns considering local buckling. *Structural Concrete*, 25(1), 69-84.
- [2] Badan Standarisasi Nasional 2019. "*Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*, SNI 1726:2019". Jakarta : BSN
- [2] Badan Standarisasi Nasional 2020. "*Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, SNI 1729:2020". Jakarta : BSN
- [3] Badan Standarisasi Nasional 2020. "*Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*, SNI 1727:2020". Jakarta : BSN
- [4] Baig, M. N., Fan, J., & Nie, J. (2006). Strength of concrete filled steel tubular columns. *Tsinghua Science and Technology*, 11(6), 657-666.
- [5] Davoudi, S. A. M., & Naghipour, M. (2021). The effect of slenderness ratio on modification of compressive strength of AISC code for composite columns (CFT) T-shaped with numerical (FEM) and experimental analysis. *Results in Materials*, 9, 100124.
- [6] Liang, Q. Q. (2009). Performance-based analysis of concrete-filled steel tubular beam columns, Part II: Verification and applications. *Journal of Constructional Steel Research*, 65(2), 351-362. Doi: 10.1016/j.jcsr.2008.03.003.
- [7] Propika, J., Fitriyah, D. K., dan Septiarsilia, Y. (2020). Analisa Perbandingan Kolom Komposit Inside Steel dan Outside Steel Terhadap Kapasitas Tahanan Aksial dan Momen. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 5(2), 159-170.
<http://dx.doi.org/10.33366/rekabuana.v5i2.1947>
- [7] Wahiddin, Ratnaningsih, D., & Zettyara, D.,. Evaluasi Penggunaan Concrete Filled Steel Tubular Pada Bangunan Gedung Tahan Gempa. *Jurnal Prokons* 19.1(2025): 8-13
- [8] Yunas, Pendi Maita, Budi Suswanto, and Heppy Kristijanto. (2015). Studi Perilaku Perbandingan Kekuatan Kolom Concrete Filled Steel Tube Dengan Perbedaan Terhadap Penampang. Diss. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [9] Zhang, S., Miao, K., Wei, Y. et al.(2023). Experimental and Theoretical Study of Concrete-Filled Steel Tube Columns Strengthened by FRP/Steel Strips Under Axial Compression. *Int J Concr Struct Mater* 17, 1. doi.org/10.1186/s40069 022-00556-2