



ANALISIS DIAFRAGMA, KORD, DAN KOLEKTOR PADA BANGUNAN RUMAH SAKIT DENGAN LAYOUT L

SUCI PUTRI ELZA¹, ERLANGGA RIZQI FITRIANSYAH², ZEL CITRA³

¹Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta, DKI Jakarta

²Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta, DKI Jakarta

³Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta, DKI Jakarta

*Corresponding Author: suci.putri@mercubuana.ac.id

Naskah diterima: 17 November 2025. Disetujui: 19 Desember 2025. Diterbitkan: 31 Desember 2025

ABSTRAK

Berbagai wilayah geografis di dunia, termasuk Indonesia, memiliki potensi risiko gempa tinggi. Keamanan struktural bukan sebatas memastikan keselamatan fisik bangunan sendiri, tetapi juga merupakan aspek kritis dalam memastikan perlindungan terhadap nyawa manusia. Oleh karena itu, pemahaman tentang perilaku struktural bangunan dalam menghadapi beban lateral akibat gempa menjadi sangat penting. Maka diperlukan perhatian khusus terhadap bangunan yang beroperasi pada kondisi darurat, salah satunya yaitu rumah sakit. Tujuan penulisan ini untuk menyelidiki dan menganalisis kinerja struktural bangunan rumah sakit dengan bentuk layout L. Fokus utama penelitian mencakup tiga aspek kunci, yaitu diafragma, kord, dan kolektor. Elemen-elemen tersebut berfungsi sebagai elemen struktural horizontal yang menerima dan mendistribusikan beban lateral ke elemen struktur vertikal. Metode penelitian melibatkan survei literatur dan analisis struktural menggunakan perangkat lunak. Analisis diafragma akan distribusi beban lateral di seluruh bangunan, sedangkan analisis kord akan mengevaluasi kekuatan dan distribusi beban di elemen vertikal. Kolektor akan dianalisis untuk memahami bagaimana sistem struktural menanggulangi gaya lateral. Hasil menunjukkan bahwa pada bangunan kategori risiko yang besar seperti rumah sakit memiliki gaya desain diafragma yang besar akibat pengaruh nilai faktor keutamaan gempanya. gaya desain diafragma terbesar, yaitu F_{px} max sebesar 90 kN, terjadi pada lima lantai pertama yang menampung beban hidup besar, seperti area publik dan ruang operasi. Pada lantai 1-12, gaya desain diafragma yang digunakan adalah F_{px} min sebesar 45 kN, sedangkan pada lantai 13-15 digunakan gaya F_x (CQC) sebesar 60 kN. Ketebalan pelat lantai 150 mm dengan tulangan D10-200 masih mencukupi kebutuhan tulangan diafragma pada lantai-lantai tersebut. Namun, penggunaan gaya F_{px} max membutuhkan penambahan tulangan pada lantai-lantai yang lebih rendah akibat nilai gaya yang jauh lebih besar. Selain itu, analisis terhadap kord dan kolektor menunjukkan bahwa gaya desainnya masih dapat diakomodasi oleh diafragma, meskipun terdapat ketidakberaturan vertikal pada perubahan ketebalan lantai dari 150 mm (lantai 5) ke 130 mm (lantai 6).

Kata kunci : Diafragma, Kord, Kolektor, Rumah Sakit

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang sering mengalami gempa bumi akibat kompleksitas geologi dan tektonik di wilayahnya. Pusat-pusat gempa umumnya terletak di sepanjang jalur subduksi antara lempeng tektonik Indo-Australia dan Eurasia, mencakup wilayah-wilayah seperti Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi, dan Maluku. Gempa yang terjadi dengan frekuensi dan intensitas tinggi menjadi tantangan serius bagi para perencana struktur bangunan di Indonesia, sehingga diperlukan upaya berkelanjutan dalam peningkatan kesiapsiagaan, pemahaman risiko, serta penerapan standar bangunan tahan gempa. Dalam konteks ini, analisis kapasitas struktur perlu difokuskan pada elemen diafragma yang berfungsi menyalurkan gaya gempa secara merata ke elemen-elemen vertikal penahan beban lateral, sehingga kinerja keseluruhan struktur tetap terjaga dan mampu berperilaku stabil selama peristiwa gempa (Rizal & Kimsan, 2024).

Rumah sakit sebagai fasilitas kesehatan harus tetap beroperasi dan memberikan layanan medis yang kritis selama dan setelah gempa (Huang et al., 2011). Gempa bumi memiliki potensi untuk menyebabkan kerusakan serius pada struktur bangunan, yang dapat mengancam keamanan pasien, tenaga medis, dan infrastruktur kesehatan secara keseluruhan (Yenidogan, 2024). Agar dapat mengakomodir keperluan-keperluan tersebut maka dibutuhkan perencanaan yang matang pada struktur bangunannya.

Diafragma, kord, dan kolektor merupakan elemen struktur yang perlu menjadi perhatian (Khotimah et al., 2024). Gempa yang terjadi akan menimbulkan gaya-gaya lateral pada bangunan sehingga elemen-elemen tersebut diperlukan untuk menstabilkan dan menyalurkan gaya-gaya lateral setiap lantai melalui penyaluran gaya ke elemen vertikal maupun penyaluran gaya dari elemen vertikal (Putri Elza & Rizqi Fitriansyah, 2024).

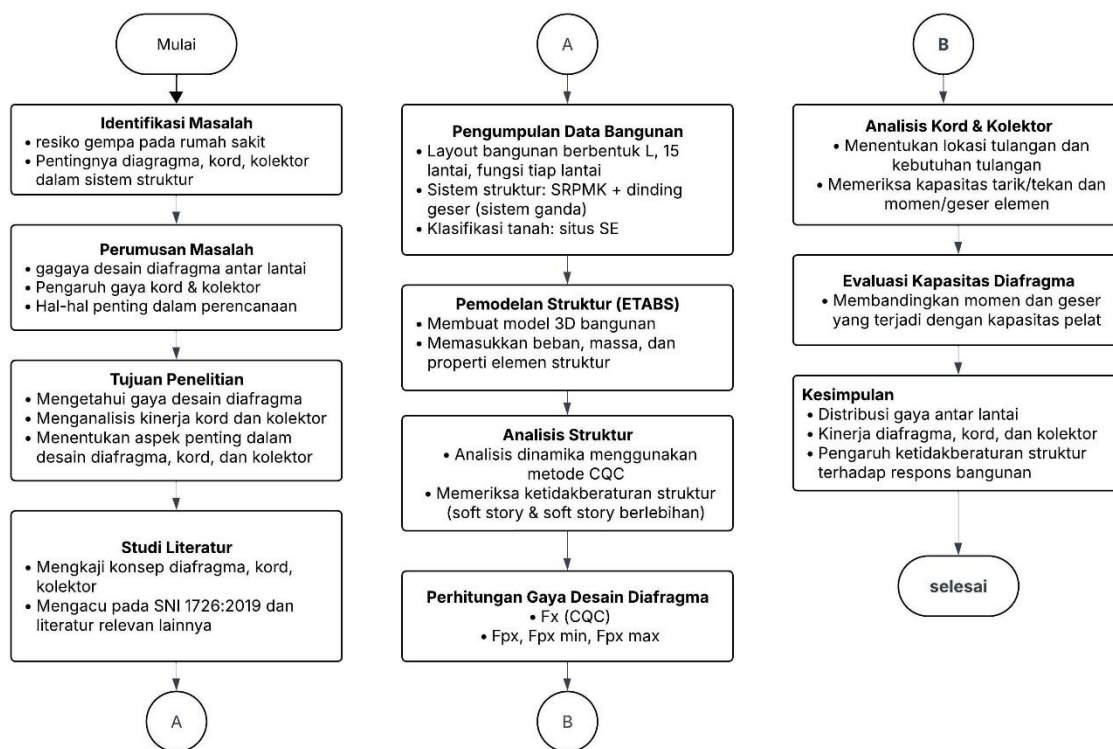
Pada penelitian ini akan dilakukan analisis elemen diafragma, kord, dan kolektor terhadap bangunan rumah sakit dengan bentuk layout L. Hal tersebut dikarenakan bangunan-bangunan modern sekarang direncanakan dengan layout tidak beraturan sering kali memiliki keunikan dalam desain dan estetika (Lee et al., 2016). Analisis dapat membantu memastikan bahwa elemen desain yang unik tersebut dapat diterapkan dengan efektif tanpa mengorbankan fungsionalitas atau keamanan (Murdiaman Guci et al., 2025).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi penentuan gaya desain diafragma antar lantai, pengaruh gaya desain kord dan kolektor terhadap perencanaan diafragma, serta aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam perencanaan struktur diafragma, kord, dan kolektor pada suatu bangunan. Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penentuan gaya desain diafragma antar lantai, menganalisis pengaruh gaya desain kord dan kolektor terhadap perencanaan diafragma, serta mengidentifikasi aspek-aspek penting yang harus diperhatikan pada perencanaan struktur diafragma, kord, dan kolektor pada suatu bangunan.

2. METODE PENELITIAN

Pada Gambar 1 menampilkan alur penelitian yang menggambarkan tahapan sistematis yang digunakan untuk menganalisis kinerja diafragma, kord, dan kolektor pada bangunan rumah sakit berlayout L. Proses dimulai dari identifikasi masalah terkait potensi risiko gempa pada fasilitas kesehatan dan pentingnya elemen diafragma sebagai penyalur gaya lateral. Setelah perumusan masalah dan penetapan tujuan penelitian, dilakukan studi literatur untuk memperkuat landasan teori, diikuti pengumpulan data bangunan sebagai objek analisis.

Data tersebut kemudian diolah melalui pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak ETABS, yang selanjutnya dianalisis untuk memeriksa ketidakberaturan struktur serta menentukan gaya desain diafragma antar lantai. Tahap berikutnya berupa analisis terhadap elemen kord dan kolektor serta evaluasi kapasitas diafragma dalam menahan gaya momen dan geser. Alur penelitian ditutup dengan penarikan kesimpulan yang merangkum hasil analisis serta implikasinya terhadap desain struktural bangunan berlayout tidak beraturan.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Sumber : (Penulis 2025)

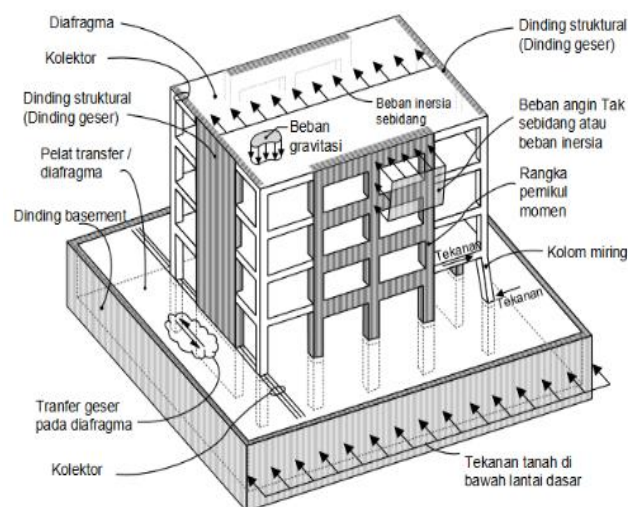
Diafragma merupakan sistem atap, lantai, membran, atau bresing yang berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya lateral ke elemen vertikal pemikul beban lateral (BSN, 2019) . Seperti pada Gambar 1, suatu diafragma gaya yang terjadi disebabkan oleh penyaluran gaya gempa dari elemen-elemen vertikal pemikul gaya gempa yang berada di atas diafragma ke elemen-elemen vertikal pemikul gaya gempa di bawahnya, karena adanya pergeseran dalam penempatan elemen-elemen vertikal tersebut atau adanya perubahan kekakuan lateral relatif pada elemen-elemen vertikal tersebut.

Desain diafragma diperuntukkan untuk menahan tegangan geser dan lentur yang dihasilkan dari gaya desain (Rong et al., 2017). Ketidak-sinambungan pada bukaan dan sudut dalam desain harus menjamin bahwa disipasi atau transfer gaya tepi (kord) terkombinasi dengan gaya lainnya dalam diafragma tidak boleh melebihi kapasitas geser dan tarik diafragma.

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa peran diafragma, antara lain:

1. Menahan gaya sebidang (*in-plane forces*) baik akibat beban angin, beban gempa (inersia), dan beban lateral tanah (untuk *basement*).

2. Menahan gaya transfer akibat perbedaan properti kekakuan elemen vertikal sepanjang tinggi struktur. Seperti peralihan podium ke tower mengakibatkan gaya transfer yang besar melalui diafragma podium.
3. Menahan gaya keluar bidang (*out of plane*) akibat gempa dan angin (ditahan oleh sambungan antara diafragma dan dinding).
4. Menahan gaya gravitasi.
5. Menahan gaya dorong akibat kolom miring yang diakibatkan oleh konfigurasi arsitektural (diafragma harus mampu menahan gaya horizontal tarik atau tekan yang muncul).
6. Diafragma menerima gaya transfer dari elemen vertikal yang berbeda sesuai dengan kompatibilitas perpindahan (*displacement compatibility*).



Gambar 2. Modelisasi Elemen Struktur Diafragma
Sumber: (Budiono, 2017)

Gaya desain diafragma diambil dari nilai terbesar antara (BSN, 2019):

1. Gaya desain seismik dari analisis struktural (F_i) menggunakan metode kuadrat lengkap (CQC)
2. Gaya desain diafragma F_{px}

$$F_{px} = \frac{\sum_{i=x}^n F_i w_i}{\sum_{i=x}^n w_i} w_{px} \quad (1)$$

Keterangan:

- F_{px} : gaya pada desain diafragma di tingkat-x;
 F_i : gaya pada desain yang diterapkan di tingkat-i;
 w_i : tributari berat sampai tingkat-i;
 w_{px} : tributari berat sampai diafragma di tingkat-x.

Gaya desain diafragma F_{px} , menggambarkan percepatan dari suatu diafragma dalam bangunan. Gaya tersebut pada umumnya lebih besar dari gaya lantai akibat statik ekuivalen (F_x) pada seluruh lantai di bawah atap.

Gaya yang ditetapkan pada persamaan 1 tidak kurang dari persamaan batas bawah (*lower bound*) berikut:

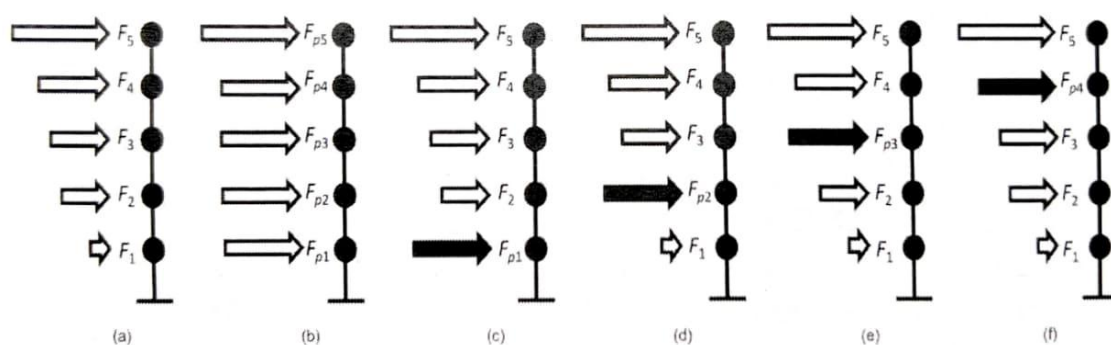
$$F_{px,min} = 0,2 \text{ SDS } I_e W_{px} \quad (2)$$

Dan tidak melebihi dari persamaan batas atas (*upper bound*) berikut:

$$F_{px,max} = 0,4 \text{ SDS } I_e W_{px} \quad (3)$$

Batas bawah berguna untuk mengantisipasi potensi “*underestimation*” terhadap gaya diafragma pada bangunan akibat “*higher-mode effect*”. Ini penting khususnya untuk sistem dengan faktor modifikasi respon R , yang besar, karena reduksi dari respon lebih efektif pada mode pertama ketimbang mode lainnya. Persamaan batas atas mengatur untuk sistem dengan R yang kecil. Penggunaan F_{px} pada seluruh diafragma dalam satu analisis akan memberikan gaya geser dan momen guling pada dinding dan rangka yang “*overestimate*”, karena gaya F_{px} tidak dianggap bekerja bersamaan.

Pembebanan diafragma menggunakan suatu pendekatan dalam melakukan analisis terhadap kombinasi gaya transfer dan gaya inersia yaitu dengan melakukan analisis bangunan terpisah untuk setiap diafragma, dengan menyubstitusi gaya tingkat F_x dengan gaya diafragma F_{px} pada lantai yang ditinjau. Gaya desain diafragma ini diaplikasikan per lantai (*one floor at a time*), dan lantai lainnya diaplikasikan gaya CQC. F_{px} tidak perlu dikenai lagi gaya gempa CQC dan kombinasi pembebanan awal menggunakan faktor redundansi (ρ) yang sesuai dengan faktor redundansi struktur.



Gambar 3. Ilustrasi Aplikasi Gaya Desain Diafragma

Sumber : (Budiono, 2017)

Sebagaimana pada Gambar 3 Dapat dijabarkan sebagai berikut:

- (a) Gaya gempa desain CQC
- (b) Gaya gempa F_{px} yang dihitung
- (c) Aplikasi gaya desain diafragma di lantai 1 (*one floor at a time*)
- (d) Aplikasi gaya desain diafragma di lantai 2 (*one floor at a time*)
- (e) Aplikasi gaya desain diafragma di lantai 3 (*one floor at a time*)
- (f) Aplikasi gaya desain diafragma di lantai 4 (*one floor at a time*)

Kord merupakan bagian dari diafragma yang terletak di ujung-ujung (tegak lurus arah beban lateral yang berfungsi seperti batas pada dinding geser (Pang et al., 2014). Kord ini merupakan balok atau pelat lantai yang posisinya berada pada tepi bangunan sebagai penahan gaya tarik dan tekan akibat adanya gaya gempa pada diafragma seperti yang terlihat pada Gambar 4.

Penulangan kord tarik akibat momen harus diletakkan selebar $\frac{1}{4} h$ dari tepi tarik diafragma. Ketika kedalaman diafragma berubah sepanjang bentangnya, diperbolehkan menempatkan panjang penyaluran ke segmen diafragma di dekatnya yang tidak masuk ke dalam batas $\frac{1}{4} h$ segmen tersebut.



Gambar 4. Lokasi kord pada diafragma
Sumber : (Budiono, 2017)

Ketika tulangan kord diposisikan pada tepi diafragma, persamaan untuk menghitung area tulangan tarik kord ($\phi=0.9$) yaitu:

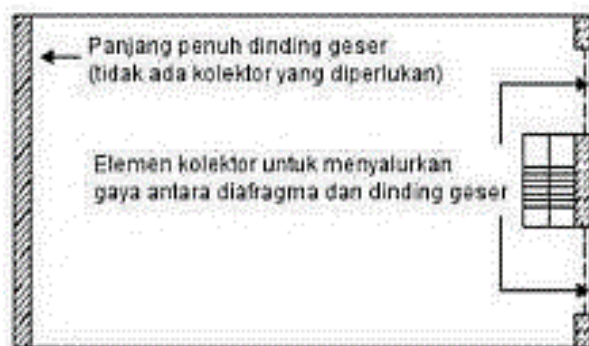
$$A_s = \frac{T_u}{\phi f_y} \quad (4)$$

Berdasarkan Gambar 5, penulangan kord biasanya diletakkan pada tengah tebal pelat atau balok, untuk mengurangi kontribusi kuat lentur pelat dan balok. Berdasarkan NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 3, Ketika kord diposisikan selebar balok, kord dan balok ditujukan untuk menahan efek orthogonal, sehingga tulangan yang sama dapat menahan momen akibat beban di satu arah dan gaya tarik kord pada arah tegak lurus. Pada umumnya, apabila balok merupakan bagian dari rangka penahan momen khusus, kebutuhan tulangan longitudinal akan cukup untuk kebutuhan kord.



Gambar 5. Area penulangan kord pada diafragma
Sumber :

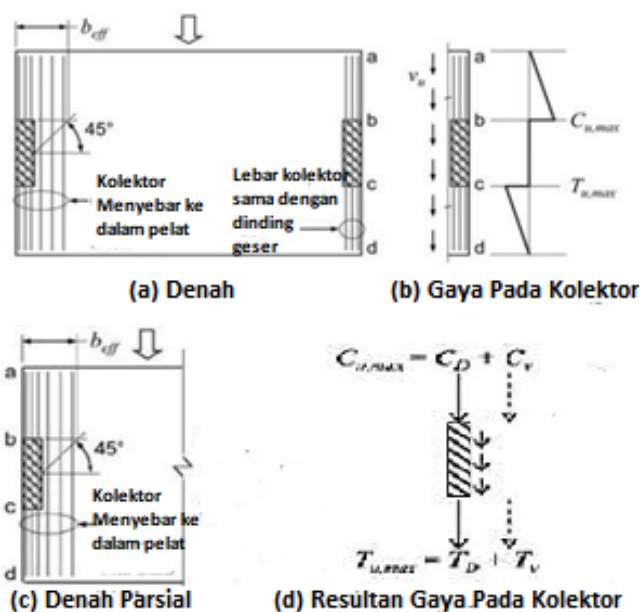
Suatu elemen struktur yang berfungsi mentransfer gaya dari diafragma ke elemen vertikal ataupun dari elemen vertikal ke diafragma, serta gaya lateral dari satu bagian penahan lateral ke elemen penahan lateral lainnya dinamakan kolektor (LeGrue et al., 2018). Seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Elemen Kolektor Pada Diafragma
Sumber : (Budiono, 2017)

Elemen-elemen yang dapat dikategorikan sebagai kolektor seperti yang terlihat pada Gambar 7 dijabarkan menjadi:

1. Elemen tarik dan tekan yang menerima gaya geser dari diafragma dan mentransfer gaya tersebut ke elemen vertikal.
2. Pada area transisi podium dapat dijumpai elemen kolektor yang mentransfer gaya dari elemen vertikal ke diafragma
3. Balok dan pelat. Kolektor yang berfungsi sebagai area pelat yang luas sering disebut *distributed collectors*.
4. Elemen kolektor dapat disandingkan dengan lebar yang sama dengan dinding, namun pada beberapa kondisi akibat keterbatasan ketebalan atau gaya transfer yang besar, kolektor harus disebar sepanjang b_{eff} .
5. Lebar sebaran tulangan kolektor (b_{eff}) tidak diatur dalam peraturan namun dapat diambil tidak perlu diambil lebih lebar dari lebar dinding ditambah setengah panjang kontak diafragma dan dinding seperti pada Gambar 7.
6. Transfer gaya dengan mekanisme geser friksi harus ditinjau pada kasus ini.



Gambar 7. Area Penulangan Kolektor Dan Pembebanan Pada Diafragma
Sumber : (Budiono, 2017)

Gaya desain elemen kolektor ditentukan sebagai berikut (BSN, 2019):

1. Gaya-gaya yang dihasilkan dari aplikasi F_x pada struktur dalam kombinasi pembebanan yang menggunakan faktor kuat lebih Ω_0 .
2. Gaya-gaya yang dihasilkan dari aplikasi F_{px} pada struktur dalam kombinasi pembebanan yang menggunakan faktor kuat lebih Ω_0 .
3. Gaya-gaya yang dihasilkan dari aplikasi $F_{px,min}$ pada struktur dalam kombinasi pembebanan dasar (tanpa menggunakan faktor kuat lebih Ω_0).

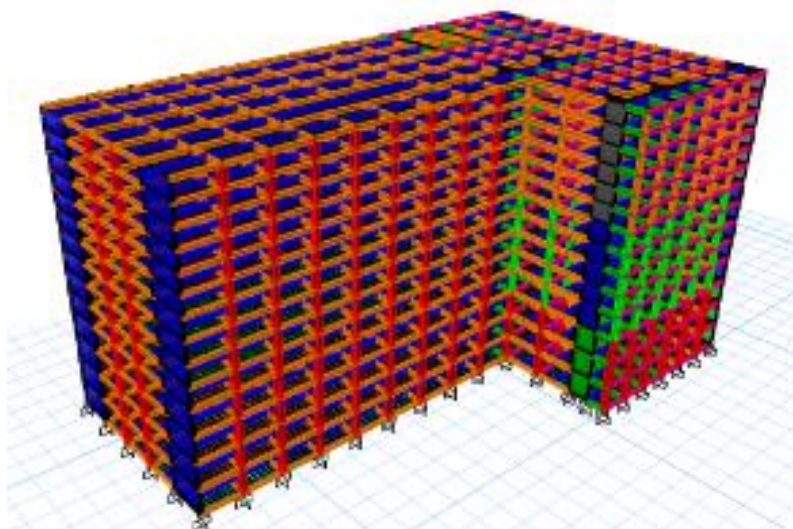
Dalam desain kolektor terhadap tarik (yang sangat bergantung pada kekuatan tarik tulangan), kolektor harus didesain sedemikian rupa sehingga tulangan longitudinal pada area sambungan (*splices*) dan juga pengangkuran memiliki satu dari dua poin berikut:

1. Jarak pusat ke pusat minimum sebesar tiga diameter batang tulangan utama namun tidak kurang dari 40 mm, dan selimut bersih beton minimum sebesar dua setengah diameter batang tulangan utama, tapi tidak kurang dari 50 mm.
2. Tulangan geser tidak boleh kurang dari nilai terkecil di bawah ini:

$$A_{s,min} = 0,062\sqrt{f'_c} \frac{b_w s}{f_{yt}} \text{ dan } \frac{0,35b_w s}{f_{yt}} \quad (5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

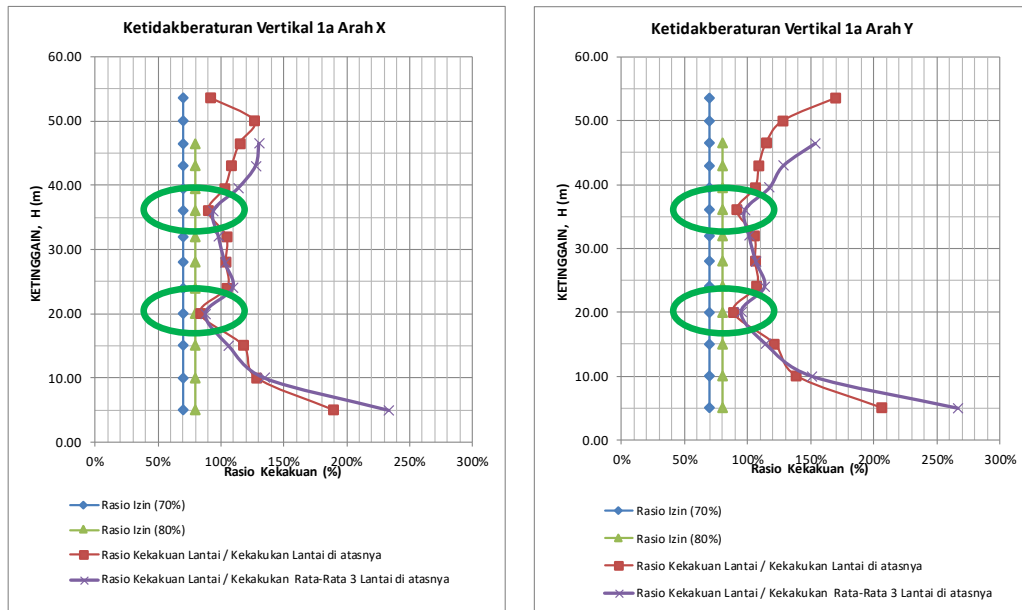
Model dalam analisis penelitian berupa bangunan rumah sakit dengan layout L yang terlihat pada Gambar 8. Data terkait karakteristik bangunan dan struktur akan dikumpulkan, termasuk informasi tentang diafragma, kord, dan kolektor yang digunakan dalam desain struktural. Bangunan yang dianalisis dalam penelitian ini adalah bangunan rumah sakit dengan bentuk layout L, dimana bangunan ini memiliki 15 lantai dengan luas bangunan total sebesar 63888 m². Gedung ini berlokasi di Kabupaten Penajam Provinsi Kalimantan Timur dengan kelas situs tanah lunak (SE) dan sistem struktur yang digunakan adalah sistem ganda dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) beton bertulang dan dinding geser beton bertulang khusus. Pada lantai 1 – 5 difungsikan sebagai area publik, laboratorium, dan ruang operasi, kemudian lantai-lantai di atasnya difungsikan sebagai ruang poli dan kamar rawat.



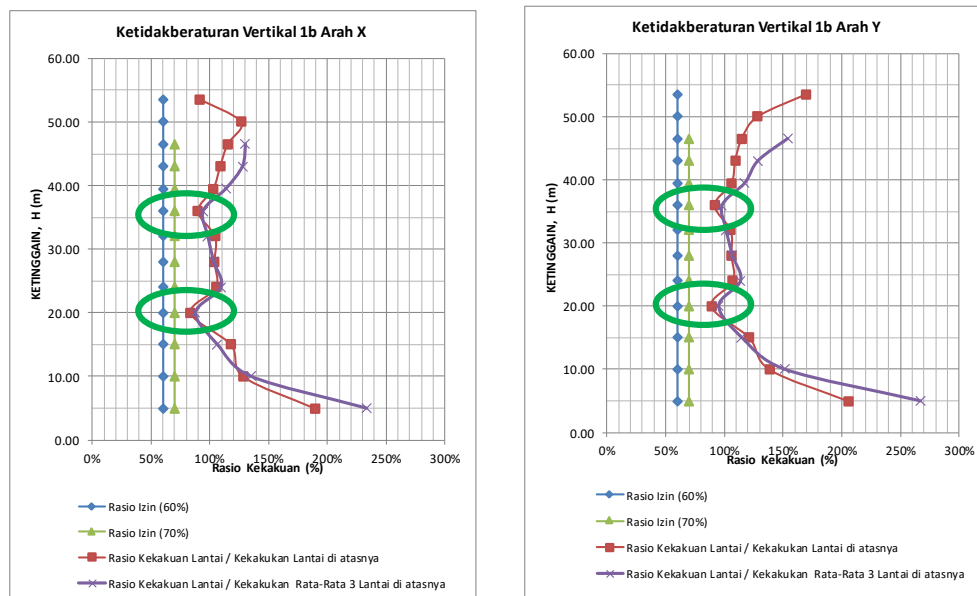
Gambar 8. Permodelan Struktur pada Software ETABS
Sumber: (Penulis, 2025)

Pemeriksaan ketidakberaturan pada bangunan dilakukan untuk dapat menentukan lokasi peninjauan struktur diafragma.

Ketidakberaturan vertikal pada struktur, ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya (BSN, 2019). Pengecualian jika terjadi kondisi berikut yaitu ketidakberaturan tidak ada jika *drift ratio* tingkat tidak lebih besar dari 1,3 kali rasio *drift* tingkat di atas.



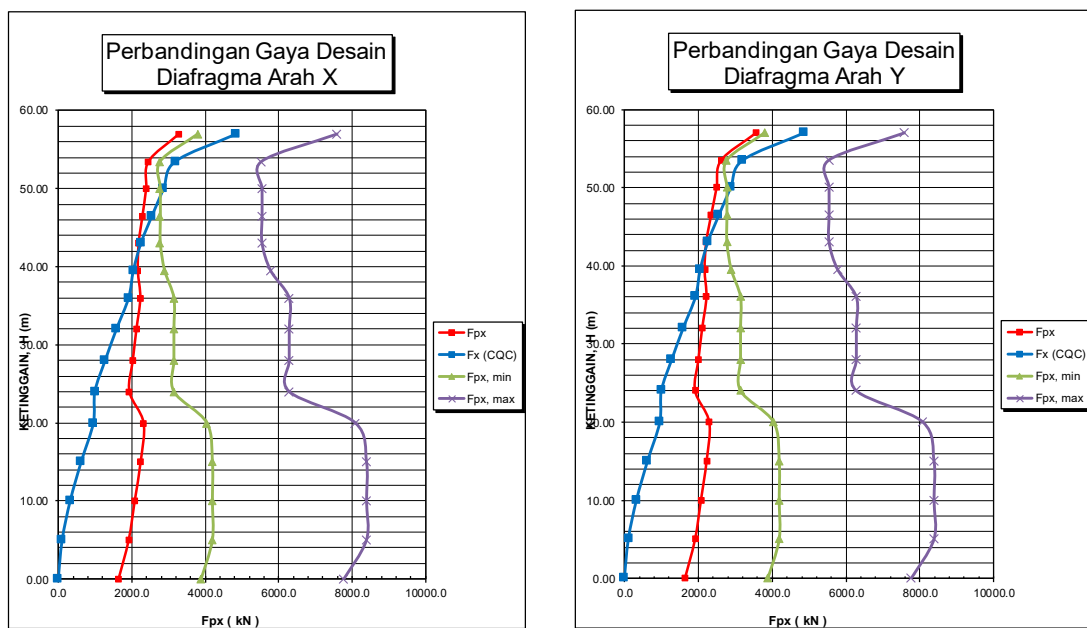
Gambar 9. Pemeriksaan Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak 1a arah x dan y
Sumber: (Penulis, 2025)



Gambar 10. Pemeriksaan Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan 1b arah x dan y
Sumber: (Penulis, 2025)

Pada Gambar 9 menunjukkan bangunan mengalami ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada lantai 5 dan lantai 10, sehingga adanya indikasi perubahan gaya transfer diafragma. Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya (BSN, 2019).

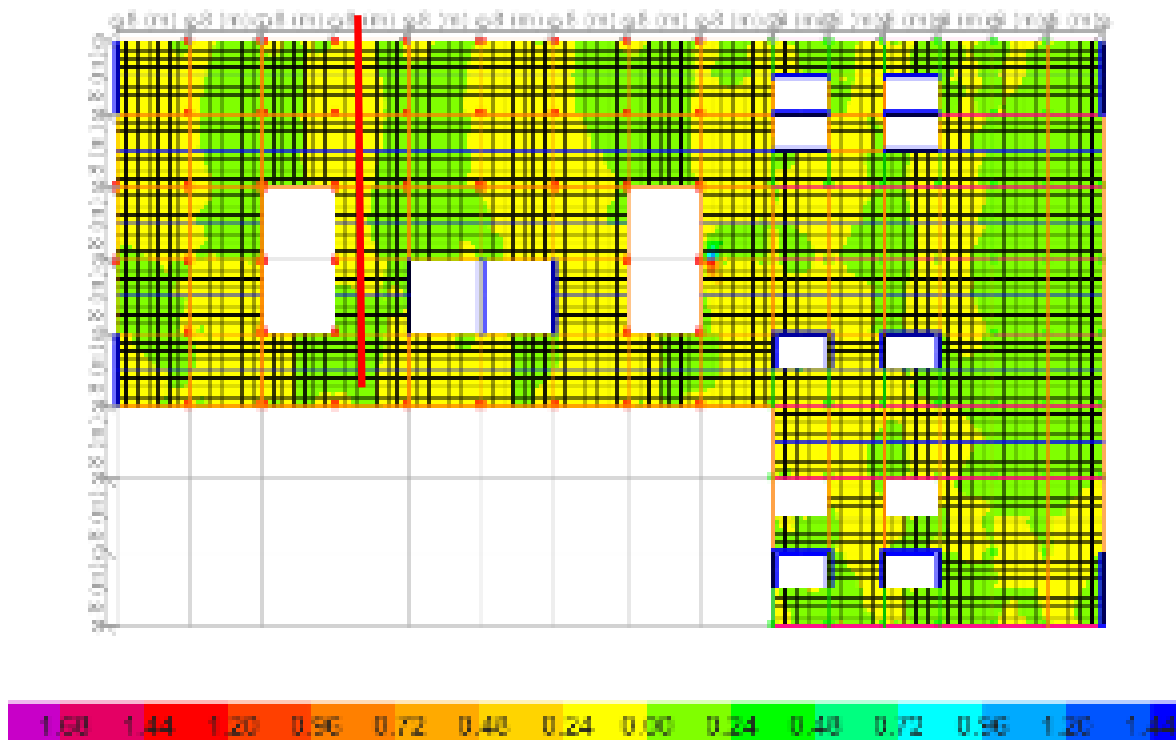
Pada Gambar 10 menunjukkan menunjukkan bangunan mengalami ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan pada lantai 5 dan lantai 10, sehingga adanya indikasi perubahan gaya transfer diafragma, sehingga perlu dilakukan peninjauan gaya desain diafragma.



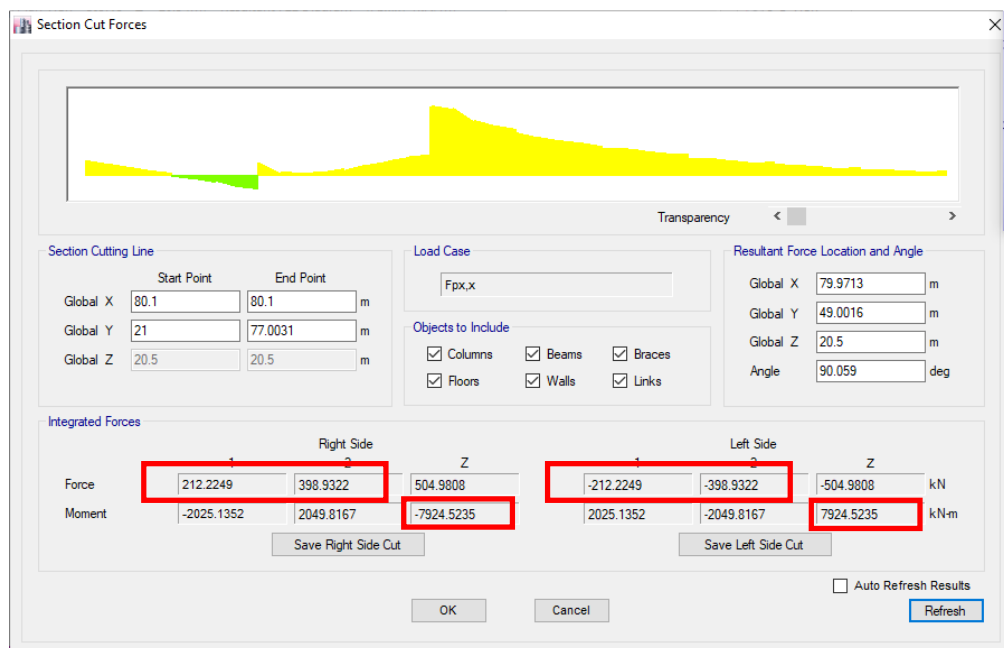
Gambar 11. Perbandingan Gaya Desain Diafragma arah x dan y
Sumber: (Penulis, 2025)

Pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa dapat digunakan gaya desain minimum ($F_{px, \min}$) pada lantai 1 – 12, sedangkan pada lantai 13 – 15 menggunakan gaya desain F_x (CQC). Kemudian pada pemeriksaan perilaku struktur, diketahui bahwa adanya indikasi perubahan gaya transfer diafragma pada lantai 5 dan lantai 10.

Berdasarkan Potongan pada Gambar 12 dan Gambar 13. diketahui bahwa moment yang terjadi sebesar 7924,52 kNm dan geser 398,93kN. Perhitungan telah dilakukan untuk pelat dengan 15mm pada lantai tersebut diperoleh kapasitas momem beton pelat lantai diafragma sebesar 97750,05 kNm dan kapasitas geser sebesar 3286.34 kN. Sehingga desain diafragma mampu untuk memikul gaya momen dan geser yang terjadi.



Gambar 12. Garis Potongan Pada Lantai 5
Sumber: (Penulis, 2025)



Gambar 13. Potongan Gaya
Sumber: (Penulis, 2025)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemeriksaan dan analisis perilaku diafragma pada bangunan berlayout L, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan gaya desain yang meliputi F_{px} , F_x (CQC), $F_{px \min}$, dan $F_{px \max}$ berbeda pada setiap lantai. Pada lantai 1 hingga 12, gaya desain yang relevan

adalah Fpx min, sedangkan pada lantai 13 hingga 15 digunakan gaya desain Fx (CQC). Dengan kondisi tersebut, pelat lantai tebal 150 mm dengan tulangan D10-200 masih mampu memenuhi kebutuhan penulangan diafragma. Penambahan tulangan baru diperlukan apabila gaya desain yang digunakan adalah Fpx max karena nilainya jauh lebih besar dibandingkan gaya desain lainnya. Pemeriksaan terhadap elemen kord dan kolektor menunjukkan bahwa perubahan ketebalan pelat dari lantai 5 (150 mm) ke lantai 6 (130 mm) tidak menimbulkan ketidakberaturan vertikal yang signifikan, sehingga gaya pada kord dan kolektor masih dapat ditahan oleh diafragma yang ada. Massa setiap lantai yang relatif seragam akibat luas lantai yang sama pada bangunan berlayout L menyebabkan gaya desain antar lantai tidak berbeda secara ekstrem dan masih dapat diakomodasi tanpa penambahan tulangan maupun perubahan dimensi elemen struktur. Berdasarkan temuan penelitian ini, direkomendasikan agar pada bangunan dengan potensi ketidakberaturan vertikal atau variasi massa yang lebih besar dilakukan evaluasi tambahan terhadap kebutuhan penulangan diafragma, serta mempertimbangkan penggunaan gaya desain maksimum (Fpx max) sebagai kontrol apabila kondisi massa atau kekakuan lantai berbeda nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- BSN. (2019). *SNI-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*.
- Budiono, Bambang. (2017). *Contoh desain bangunan tahan gempa dengan sistem rangka pemikul momen khusus dan sistem dinding struktur khusus di Jakarta* (Vol. 1). Penerbit ITB.
- Huang, C. H., Tuan, Y. A., & Huang, C. Y. (2011). Lateral force demand of essential equipments in hospital buildings for earthquakes. *Advanced Materials Research*, 163–167, 3855–3859. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.163-167.3855>
- Khotimah, H., Rosyidah, A., Saputra, J., & Sucita, I. K. (2024). Performance of Seismic-Resistant Building Structure Using Diaphragm Based on SNI 2847:2019 and ACI 318-19. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 1215 LNNS, 192–206. https://doi.org/10.1007/978-3-031-80338-3_19
- Lee, X. S., Yan, C. P., & See, Z. S. (2016). Irregular Shaped Building Design Optimization with Building Information Modelling. *MATEC Web of Conferences*, 66. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20166600027>
- LeGrue, J., Sharma, R., & Hohbach, D. (2018). A comparison of different methods to design cast-in place concrete diaphragms for seismic load. *11th National Conference on Earthquake Engineering 2018, NCEE 2018: Integrating Science, Engineering, and Policy*, 8, 5076–5086. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85085554692&partnerID=40&md5=7019f96053b185fd37c95a3a9acc2c5b>
- Murdiaman Guci, J., Zuhendra, R., Putri Yastari, F., & Putri Elza, S. (2025). Studi Komparatif Efisiensi Struktur Mall 7 Lantai pada Tanah SE dan SD terhadap Beban Gempa di Sumatera Barat. In *Jurnal Media Konstruksi* (Vol. 10, Issue 2).
- Pang, W., Ni, C., Lawson, J., & Pant, S. (2014). Distribution of chord forces in Large panelized wood roof diaphragms. *WCTE 2014 - World Conference on Timber Engineering, Proceedings*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85067758536&partnerID=40&md5=dbb45ebfb26a84fd4bfb2567f48b7adb>
- Putri Elza, S., & Rizqi Fitriansyah, E. (2024). Analisis Diafragma, Kord, dan Kolektor pada Mixed Use Building. *Rekayasa Sipil*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.22441/jrs.2024.v13.i1.01>
- Rizal, M., & Kimsan, M. (2024). Evaluasi Kapasitas Struktur Eksisting Akibat Perubahan Fungsi Bangunan (Studi Kasus Gedung Tribun AA Rifai Kabupaten Bombana). In *Jurnal Media Konstruksi* (Vol. 9, Issue 3).

- Rong, B., Liu, R., Zhang, R., Liu, S., & Fafitis, A. (2017). Shear capacity of T-shaped diaphragm-through joints of CFST columns. *Journal of Mechanics of Materials and Structures*, 12(4), 373–390. <https://doi.org/10.2140/JOMMS.2017.12.373>
- Yenidogan, C. (2024). Seismic Performance of Base-Isolated and Conventional Hospital Buildings in the February 6, 2023, Earthquakes. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 533 LNCE, 766–777. https://doi.org/10.1007/978-3-031-66888-3_58