Redisain Struktur Gedung Rumah Sakit Jiwa Menur Surabaya dengan Menggunakan Sistem *Flat slab*

Arie Fauzi Apriyanto[1], Eka Susanti[2], Dita Kamarul Fitriyah[3], Indra Komara[4], Dewi Pertiwi[5], dan Heri Istiono[6]
Teknik Sipil, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2,3,4,5,6]
e-mail: ekasusanti@itats.ac.id[2]

ABSTRACT
Construction in Indonesia includes various forms of structure, particularly slabs. A flat slab is a slab distinguished by the absence of beams along the inside column lines, while beams may or may not exist on the outside edges of the column lines. On flat slabs, drop panels are used to substitute beams. A flat slab has several advantages, i.e., high savings in total building cost and easy installation in the building, both mechanical and electrical. This research aims to redesign the structure of the Menur Mental Hospital Building in Surabaya using a flat slab system. The structural redesign uses the requirements of SNI 2847-2019 as a reference for structural planning. In addition, this study uses the ETABS application to assist in structural calculations. The output result of the structural behavior control implementing the ETABS auxiliary program produced a structural period of 1.125 seconds, which met the requirements of the Tmax of 1.171 seconds. The structural mass participation met the requirements, as it achieved 90% in the X and Y directions. Story drift in this structure from floors 1-6 for the X and Y directions fulfilled the drift limit requirement of 31.731. This structure yielded base shear forces for the static and dynamic forces from both the X and Y directions at the same value of 83.6053. The calculation results for the plate reinforcement obtained D16-450, while the drop panel gained D13-500. The column reinforcement obtained 20 D22 for longitudinal reinforcement, whereas the transverse reinforcement obtained 4 D13-100 and 2 D13-125 for field reinforcement

Keywords: *structural redesign, flat slab, structural behavior*

ABSTRAK
Konstruksi di Indonesia mencakup berbagai bentuk struktur, khususnya jenis pelat lantai. *Flat slab* adalah pelat yang dibedakan dengan tidak adanya balok di sepanjang garis kolom bagian dalam, sementara balok boleh ada maupun tidak ada pada tepi bagian luar garis kolom. Pada *flat slab*, drop panel digunakan sebagai pengganti balok. *Flat slab* memiliki beberapa kelebihan yaitu penghematan tinggi total bangunan dan kemudahan dalam pemasangan instalasi mekanikal maupun elektrikal pada bangunan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk meredisain struktur Gedung Rumah Sakit Jiwa Menur Surabaya menggunakan sistem *flat slab*. Redisain struktur yang ingin dilakukan menggunakan menggunakan persyaratan SNI 2847-2019 sebagai acuan perencanaan struktur. Selain itu, pada penelitian ini menggunakan aplikasi ETABS untuk membantu dalam perhitungan struktur.Hasil output kontrol perilaku struktur menggunakan program bantu ETABS didapatkan hasil; periode struktur sebesar 1,125 detik yang telah memenuhi persyaratan dari hasil Tmax sebesar 1,171detik, untuk partisipasi massa struktur tercapai dengan nilai 90% pada arah X dan Y dan telah memenuhi persyaratan. Simpangan antar lantai pada struktur ini dari lantai 1-6 untuk arah X dan Y telah memenuhi syarat kurang drift limit sebesar 31,731. Pada gaya geser dasar yang di hasilkan sturktur ini untuk gaya statik dan dinamik baik dari arah X maupun Y memiliki nilai yang sama yaitu 83,6053. Dari hasil perhitungan tulangan pelat di dapatkan D16-450, sedangkan untuk Drop panel didapatkan D13-500 serta hasil perhitungan tulangan kolom di dapatkan 20 D22 untuk tulangan longitudinal, dan untuk tulangan transversal didapatkan tulangan tumpuan 4D13-100 dan 2 D13-125 untuk tulangan lapangan.

Kata kunci: redisain struktur, *flat slab*, perilaku struktur

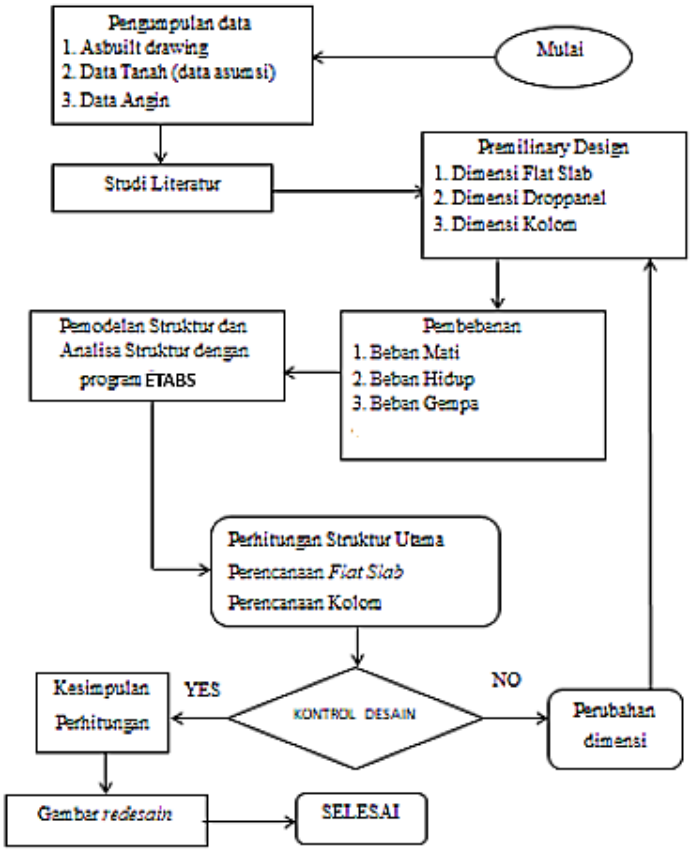
PENDAHULUAN

Pelat lantai adalah bagian dari struktur dimana tempat beban hidup dan mati diterima terlebih dahulu sebelum didistribusikan ke sistem struktur rangka lainnya seperti balok dan kolom. Terdapat beberapa jenis sistem struktur pelat lantai selain struktur pelat lantai konvensional, diantaranya adalah *flat slab* dan *waffle slab*. Beberapa peneliti [1]–[6] telah melakukan penelitian dalam membandingkan ketiga sistem tersebut. Rupidara membandingkan kinerja seismik dari ketiga jenis sistem pelat lantai tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur dengan *flat slab* menunjukkan kinerja seismic yang lebih baik dibandingkan dengan ke dua sistem pelat lainnya. Sistem *flat slab* memiliki nilai displacement dan nilai drift terkecil dibandingkan dengan sistem pelat lainnya [5]. Sawwalakhe dkk juga melakukan penelitian dengan membandingkan ke tiga sistem pelat tersebut dengan tujuan mencari pelat yang paling ekonomis dari segi biaya konstruksinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *flat slab* lebih ekonomis dibandingkan sistem pelat lainnya [3]. Sistem *flat slab* adalah sistem pelat beton bertulang tanpa penggunaan balok. *Flat slab* memiliki banyak kelebihan yaitu, dapat mengurangi berat struktur, dapat mengurangi ketinggian struktur, peghematan penggunaan plafon, penulangan yang lebih sederhana dan pemasangan perancah dan bekisting yang lebih ekonomis [7]. Menurut K Anwar, pelat konvensional juga memiliki kelebihan tersendiri dari segi nilai kekakuan struktur dan kapasitas pelat dengan ketebalan yang sama [2]. Selain membandingkan sistem pelat, beberapa jurnal juga membahas redisain struktur dengan menggunakan *flat slab*. Beberapa peneliti tersebut adalah Bernandes 2016, hasibuan 2020 dan Kurniati 2022 [7]–[9]

Oleh karena itu, penulis melakukan redisain struktur Gedung Rumah Sakit Jiwa Menur Surabaya menggunakan sistem *flat slab* dengan peraturan pembebanan struktur (beban mati, beban hidup dan gempa) dan peraturan tata cara disain strutur beton bertulang menggunakan peraturan SNI tahun terakhir. Karena itu, redisain struktur yang ingin dilakukan menggunakan menggunakan persyaratan SNI 2847-2019 sebagai acuan perencanaan struktur. Selain itu, pada penelitian ini menggunakan software ETABS v.18 untuk membantu dalam perhitungan struktur.

METODE

Redisain Gedung ini, dilakukan sesuai dengan bagan alir yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Struktur Bangunan

Nama Gedung, Rumah Sakit Jiwa Menur Surabaya, Jl. Raya Menur 120, Manyar Sabrangan, Kec. Gubeng, Surabaya. Fungsi Bangunan adalah Puskesmas (Gedung pelayanan kesehatan), jumlah lantai : 6. Material struktur adalah beton bertulang dengan mutu beton f'c : 23 MPa dan mutu baja tulangan fy : 427 MPa. Jarak antar kolom (Ln) adalah 4m.

Preliminary Design

Preliminary disain sesuai dengan literatur SNI persyaratan structural untuk bangunan gedung dan jurnal penelitian terdahulu [10];[9].

Perencanaan tebal *Flat slab* menggunakan persamaan $h_{min} = \frac{Ln}{33}$

Lebar drop panel $L \geq \frac{1}{6} Ln$ dan tebal drop panel $h_{droppanel} \geq \frac{1}{5} h$

Perencanaaan dimensi kolom dengan beban Pu maks = 241976 kg dan Øfc'= (0,3) 23 Mpa adalah $Ac = \frac{P}{\emptyset fc'}$, dimana Ac adalah luas penampang kolom. Sehingga diperoleh hasil preliminary disain sesuai persamaan diatas adalah dimensi pelat tebal 15 cm; dimensi Drop panel tebal 5 cm dan lebar 1,5 m; dimensi kolom 60cm.

Analisis Pembebanan Struktur

A. Beban Mati

Berdasarkan SNI-1727-2020 pasal 3.1.1, beban mati adalah berat seluruh penyusun konstruksi yang terpasang pada bangunan Gedung seperti dinding, lantai atap, atap plafon, dinding partisi permanen, dan komponen struktural maupun non-struktural lainnya serta peralatan layan seperti berat keran [11].

B. Beban Hidup

Beban Hidup adalah beban yang terjadi dikarenakan adanya penghuni atau aktivitas yang ada pada bangunan gedung yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, hujan, banjir, gempa, dan beban mati. Beban hidup sesuai SNI 1727-2020 pasal 4.3.1 untuk rumah sakit adalah sebesar 2,87 kN/m2 sedangkan untuk bagian perkantoran sebesar 2,4 kN/m2 [11].

C. Beban Gempa

Beban gempa adalah beban statik ekivalen pada suatu bangunan akibat pergeseran tanah karena gempa baik gempa tektonik maupun volkanik yang mempengaruhi suatu struktur. Nilai parameter percepatan gempa di hitung sesuai dengan peraturan beban gempa SNI 1726-2019 dan hasilnya dapat dilihat pada table 1 [12].

Parameter Percepatan Gempa

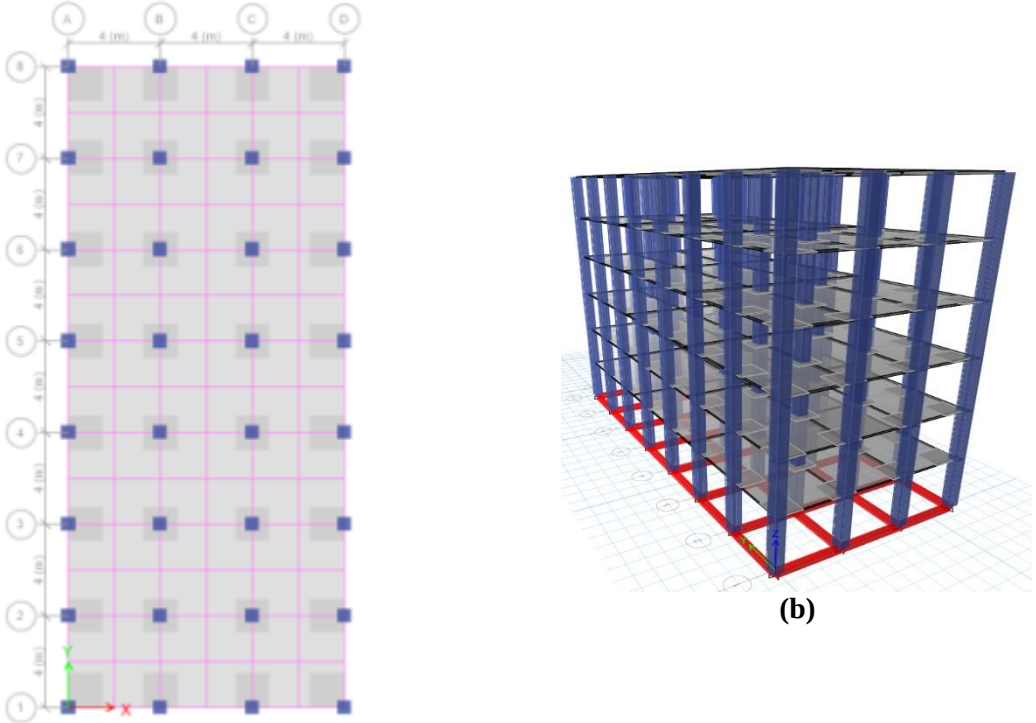
Parameter percepatan gempa diperoleh dari table-tabel yang terdapaat pada Kategori Desain Seismik sesuai SNI 1726-2019. Nilai parameter percepatan gempa tersebut adalah: Kategori Risiko Bangunan IV; Ie=1,5; SE= tanah lunak; S_s=0,6950g; S_1 = 0,3093g ;F_a = 1,388 ; Fv= 2,7628; SMs= 0,96466; SM1= 0,854534; SDs= 0,6431g; SD1= 0,5697g

Kategori Desain Seismik

Kategori Desain Seismik sesuai SNI 1726-2019 hal 37. Dengan nilai parameter SDs, SD1 dan kategori resiko bangunan pada table 1, diperoleh Kategori Desain Seismik (KDS) D. Berdasarkan pedoman SNI 1726-2019 Tabel 12, hal 49 – 51, dengan kategori tersebut serta ketinggian seluruh bangunan yaitu 24 meter sehingga struktur dapat direncanakan sebagai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Dengan demikian, maka didapat faktor untuk memikul gaya seismik adalah sebagai berikut:

Koefisien Modifikasi Respon, R = 8 ; Faktor Kuat Lebih Sistem, Ω = 3 dan Faktor Pembesaran Defleksi, Cd = 5,5.

Pemodelan Struktur *Flat slab*



(a) **(b)**

Gambar 2. Struktur *flat slab*. (a). denah dan (b). permodelan 3D

Kontrol Perilaku Struktur

Perilaku Struktur merupakan hasil analisa dari permodelan serta pembebanan yang telah diterapkan sebelum melakukan perhitungan penulangan struktur, sehingga terjadi perilaku yang memengaruhi fungsi kelayakan dan kenyamanan struktur. Perilaku struktur dibawah ini harus memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726-2019.

1. Partisipasi Massa
   Partisipasi Massa didapat 90% pada arah X dan Y pada mode ke 12. Sehingga dapat disimpulkan bahwa partisipasi massa telah memenuhi persyaratan
   yang telah ditentukan sebelumnya..
2. Periode Struktur
   Periode struktur hasil analisi ETABS, yaitu Tc = 1,125 detik dengan nilai Ta=0,8368 detik dan T_{max} sebesar 1,171 detik, berdasarkan hal ini telah memenuhi karena Ta < Tc < Tmaks, sehingga bangunan dikatakan memiliki kekakuan yang cukup.
3. Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai simpangan antar lantai arah X dan Y telah memenuhi kontrol drift limit, table 4a.

4. Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)
   Pada arah X maupun Y memiliki nilai yang sama sebesar 100% yaitu 83,6503 kN.

Tabel 4. Simpangan antar lantai

Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δex	δeY	δex	δeY		Δx	ΔY		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
6	3,045	2,218	0,303	0,198	4125	1,111	0,726	31,731	OK
5	2,742	2,02	0,453	0,317	4125	1,661	1,162	31,731	OK
4	2,289	1,703	0,601	0,429	4125	2,204	1,573	31,731	OK
3	1,688	1,274	0,690	0,504	4125	2,530	1,848	31,731	OK
2	0,998	0,77	0,653	0,495	4125	2,394	1,815	31,731	OK
1	0,345	0,275	0,345	0,275	4125	1,265	1,008	31,731	OK

Penulangan Struktur

Pada perencanaan suatu pelat beton bertulang, perlu diperhatikan persyaratan-persyaratan atau ketentuan yang ada sebagai berikut:

a. Selimut beton (SNI 2847-2019 pasal 10.6.1.3)

Berikut merupakan ketentuan untuk menentukan tebal selimut beton pada pelat, dinding, dan balok usuk:
- Untuk tulangan D-43 hingga D-57 ≥ 40 mm
- Untuk tulangan (x≤D-36) ≥ 20 mm

b. Desain tulangan

Berikut merupakan Langkah-langkah untuk merencanakan atau menghitung tulangan sebuah pelat:
Perhitungan rasio tulangan (ρ_{perlu}) .

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{\frac{1-(2mRn)}{fy}}\right) dimana\ Mn = \frac{Mu}{0{,}8}\ ;\ Rn = \frac{Mn}{bd^2}\ dan\ m = \frac{fy}{0{,}85fc'}$$

Rasio tulangan yang diperlukan harus memenuhi persyaratan $\rho_{min}\ dan\ \rho_{maks}$ agar perilaku keruntuhan beton adalah keruntuhan seimbang. Nilai $\rho_{min}\ dan\ \rho_{maks}$ dapat dihitung sebagai berikut:

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{fy}\ dan\ \rho_{maks} = 0{,}75\ \rho_b\ \ dimana\ nilai\ \rho_b = \frac{0.85fc'\beta_1}{fy}\frac{600}{600+fy}$$

Luas tulangan yang diperlukan adalah $As = \rho_{perlu} bd$

Hasil output ETABS untuk momen pelat, terbagi menjadi momen pada jalur kolom dan momen pada jalur tengah, dengan nilai berikut.

Tabel 5. Hasil output ETABS

Arah Tulangan	Daerah Penulangan	Mu Pelat (Nmm)		Mu drop panel
		Jalur Kolom	Jalur Tengah	(Nmm)
Arah X	Tumpuan	31858	31858	14190
	Lapangan	38333	38333	
Arah Y	Tumpuan	19636	22448	59170
	Lapangan	20197	19789	

Hasil analisis penulangan adalah sebagai berikut:

1. Penulangan Pelat
   Dari hasil perhitungan tulangan Pelat, didapatkan tulangan D16-250
2. Penulangan *Drop panel* [4], [9], [10]
   Dari hasil perhitungan tulangan *Drop panel*, didapatkan tulangan D16-200
3. Penulangan Kolom
   Dari hasil analisis SP Column dengan inpout mutu beton = 25 Mpa; mutu baja = 400 Mpa; dimenis kolom = 60/60 cm; Tebal decking = 40 mm; Diameter Tul.Utama = 22 mm; Diameter Sengkang = 13 mm, didapatkan 20D22 untuk tulangan longitudinal dan untuk tulangan transversal didapatkan tulangan tumpuan 4 D13-100 serta 2D13-125 untuk tulangan lapangan.

KESIMPULAN

1. Dari hasil *output* kontrol perilaku struktur menggunakan program bantu ETABS telah memenuhi syarat dengan didapatkan hasil periode struktur sebesar 1,125 detik yang telah memenuhi persyaratan dari hasil T_{max} sebesar 1,171detik, untuk partisipasi massa struktur tercapai dengan nilai 90% pada arah X dan Y dan telah memenuhi persyaratan. Simpangan antar lantai pada struktur ini dari lantai 1-6 untuk arah X dan Y telah memenuhi syarat kurang drift limit sebesar 31,731. Pada gaya geser dasar yang di hasilkan sturktur ini untuk gaya statik dan dinamik baik dari arah X maupun Y memiliki nilai yang sama yaitu 83,6053
2. Dari hasil perhitungan tulangan pelat di dapatkan D16-250, sedangkan untuk *Drop panel* didapatkan D16-200
3. Dari hasil perhitungan tulangan kolom di dapatkan 20 D22 untuk tulangan longitudinal, dan untuk tulangan *transversal* didapatkan tulangan tumpuan 4D13-100 dan 2 D13-125 untuk tulangan lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] F. N. Constantine, M. D. J. Sumajouw, dan R. Pandaleke, "Studi Perbandingan Analisis *Flat slab* Dan Flat Plate," *J. Sipil Statik*, vol. 7, no. 11, hlm. 1397–1406, 2019.

[2] K. Anwar, "Analisis Perbandingan *Flat slab* Dan Pelat Konvensional Terhadap Pengaruh Kekakuan Struktur Gedung Jogja Apartel. (Comparative Analysis of *Flat slab* System and Conventional Plate on the Influence of Structural Strenghth in Jogja Apartel Building)," 2021.

[3] A. K. Sawwalakhe dan P. D. Pachpor, "Comparative Study Of Conventional Slab, *Flat slab* And Grid Slab Using ETABS," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1197, no. 1, hlm. 012020, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1197/1/012020.

[4] D. Yanita, Rachmi & Purtono, "Value Engineering Pada Perencanaan Struktur Pelat Antara Sistem Drop Panel Flat-Slab Terhadap Sistem Beam-Slab," *TECHNOPEX-2019 Inst. Teknol. Indones.*, no. January, hlm. 208–215, 2019.

[5] Y. A. Rupidara, R. Cornelis, dan T. M. W. Sir, "Analisis Perbandingan Kinerja Seismik dari Struktur Gedung dengan Pelat Konvensional, Waffle Slab, dan *Flat slab*," *J. FORUM Tek. SIPIL J-ForTekS*, vol. 2, no. 1, hlm. 80–91, 2022, doi: 10.35508/forteks.v2i1.5496.

[6] E. susanti, N. A. Y. Amrita Winaya, "Studi Perbandingan Pelat Berusuk Dua Arah (Waffle Slab) Dan Pelat Konvensional," *J. IPTEK*, vol. 20, no. 1, hlm. 25, 2016, doi: 10.31284/j.iptek.2016.v20i1.19.

[7] S. Hasibuan dan D. Kurniati, "Redesain Awana Condotel Menggunakan Metode *Flat slab* Berdasarkan SNI 2847-2013," *Teknik*, vol. 41, no. 1, hlm. 92–99, 2020, doi: 10.14710/teknik.v41i1.23742.

[8] A. Bernandes, "Desain Modifikasi Struktur Apartemen ' the Aspen @ Admiralty ' Menggunakan Metode *Flat slab* Aspen @ Admiralty ' Apartment Using Flat," 2016.

[9] S. Raharjo, B. Afriandini, dan T. Marhendi, "THE ANALYSIS OF FLOOR SLAB REDESIGN USING THE *FLAT SLAB* METHOD (A Case Study on the Building of Public Health Care Center in Jatilawang Sub-district)," *CIVeng J. Tek. Sipil Dan Lingkung.*, vol. 3, no. 2, hlm. 17–24, 2022, doi: 10.30595/civeng.v3i2.12930.

[10] B. S. N. SI-2847, "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung," *Sni 2847-2019*, no. 8, hlm. 720, 2019.

[11] B. S. N. SNI-1727, "Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain," *Badan Standarisasi Nas. 17272020*, no. 8, hlm. 1–336, 2020.

[12] B. S. N. SNI-1726, "Penerapan Standar Nasional Indonesia," no. 8, 2019.