

Redesign Struktur Gedung Rusun dengan *Half Slab System* dan Balok *Precast U-Shell*

Jaka Propika¹, Yanisfa Septiarsilia², Dita Kamarul Fitriyah³

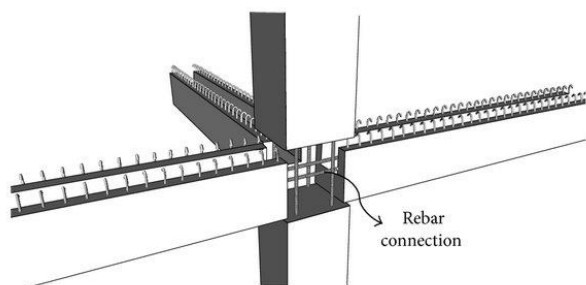
^{1,2,3} *Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Adhi Tama, Surabaya*
E-mail: jakapropika@itats.ac.id, *yanisfa.septi@itats.ac.id, ditaka.fitriyah@itats.ac.id

ABSTRAK: Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi konstruksi di Indonesia, dibuktikan dengan semakin banyaknya gedung bertingkat tinggi yang telah dibangun. Seiring dengan perkembangan tersebut, diperlukan inovasi – inovasi dari engineer untuk mendapatkan solusi yang efektif dan efisien untuk perencanaan gedung bertingkat, salah satunya penggunaan beton *precast* / pracetak. Penelitian ini bertujuan untuk Mendapatkan hasil perbandingan reaksi struktur berat keseluruhan dengan metode balok *Precast U-shell* dan pelat *Half Slab* terhadap reaksi struktur berat keseluruhan pada kondisi eksisting, fungsi *U-Shell* disini sebagai bekisting permanen. Pada dasarnya perencanaan balok *U-Shell* sama dengan perencanaan balok dengan menggunakan metode konvensional, namun yang membedakannya adalah pada perencanaan balok *U-Shell* harus menghitung kondisi pemasangan saat usia beton masih mudah. Sehingga dengan kondisi tersebut harus memperhitungkan kapasitas tulangan untuk mencegah terjadinya retak, metode *precast U-Shell* dibutuhkan analisa dan desain tersendiri yang tidak diperhitungkan dalam menganalisa beton secara monolite atau konvensional. Dengan hasil sebesar Perbandingan berat struktur dari kedua pemodelan terdapat perbedaan selisih pada pemodelan eksisting struktur lebih ringan 408,558 ton terhadap struktur kondisi remodeling, hal ini dipengaruhi karena dimensi pada kondisi eksisting lebih bervariasi dibandingkan dengan remodeling dan untuk persentase perbedaannya antar pemodelan mendapatkan nilai sebesar 17 %.

Kata Kunci: balok *u-shell*, pelat *half slab*, *precast*, *redesign*

1. Pendahuluan

Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi konstruksi di Indonesia dibuktikan dengan semakin banyaknya gedung bertingkat tinggi yang telah dibangun. Gedung bertingkat tinggi menjadi solusi dalam mengatasi ekonomi dan geografis. Hal inilah yang membuat para developer memilih pembangunan gedung bertingkat dan juga sebagai alternatif untuk memecahkan masalah pada daerah padat penduduk. Seiring dengan perkembangan tersebut, diperlukan inovasi – inovasi dari engineer untuk mendapatkan solusi yang efektif dan efisien untuk perencanaan gedung bertingkat. Salah satunya penggunaan beton *precast* / pracetak. Penggunaan material beton *precast* menawarkan berbagai keuntungan, diantaranya produktivitas tenaga kerja, ketahanan material tinggi, mengurangi bekisting dan scaffolding, percepatan konstruksi, dan konstruksi dapat dilakukan pada cuaca apapun [1].



Gambar 1. Balok *U-Shell* [2]

Inovasi telah banyak dilakukan dalam produk *precast*, salah satunya adalah balok *U-Shell* atau biasa disebut *U-Shaped* yang merupakan pengembangan dan inovasi balok *precast* yang telah sering diaplikasikan di Indonesia. Balok *precast U-Shell* merupakan balok beton bertulang berbentuk ‘U’ yang dibuat dengan tujuan meningkatkan nilai kepraktisan dan mempercepat proses pelaksanaan konstruksi karena tidak membutuhkan tambahan bekisting dan perancah dalam aplikasi

pelaksanaan. Balok *U-Shell* berfungsi sebagai bekisting permanen dengan perencanaan balok dengan metode monolit atau konvensional [3]. Balok *precast U-Shell* mendukung berat sendiri maupun beban konstruksi saat pelaksanaan dalam perakitan elemen struktur [4]. Adapun ilustrasi struktur dengan balok *U-Shell* ditunjukkan pada Gambar 1.

Pada pelaksanaan konstruksi bangunan, sebagian besar material struktural digunakan untuk pelat lantai, mencapai hingga 50% dari total kebutuhan material elemen struktur. Seiring dengan hal ini, metode *half-slab* menjadi lebih populer. Pelat lantai *half-slab* menggabungkan dua metode, menggunakan *precast* untuk bagian bawah dan konvensional untuk topping. Keunggulan *half-slab* terletak pada kapasitasnya yang lebih baik dibandingkan dengan metode *precast*. Dengan adanya topping, lendutan yang terjadi memenuhi persyaratan lendutan bersih dan memberikan kemampuan perilaku monolitik yang optimal [5][6].

Beton *precast* atau pracetak merupakan hasil pengembangan dari struktur beton bertulang, menurut pedoman SNI 7834:2012 [7] beton pracetak adalah suatu pekerjaan konstruksi bangunan yang bagian dari bangunannya dicetak atau difabrikasi terlebih dahulu di pabrik atau di lapangan, lalu disusun di lapangan untuk membentuk satu kesatuan bangunan gedung, inilah yang membedakan sistem pracetak dengan sistem konvensional, salah satu keunggulan dari sistem pracetak ini antara lain terjaminnya suatu mutu, cepatnya proses pemasangan dan telah diproduksi secara massal. Sering kali untuk elemen balok bentang panjang menggunakan *precast U-Shell*.

2. Literature Review

Menurut [3], perubahan perilaku struktur terjadi dikarenakan adanya perubahan momen yang terjadi disetiap kondisi, pada saat sebelum komposit dan sesudah komposit. Terjadinya perubahan momen pada sebelum komposit dengan sesudah komposit dikarenakan pada saat sebelum komposit balok masih menerima beratnya

sendiri, sedangkan untuk kondisi sesudah komposit perubahan momen terjadinya karena balok sudah menerima bebannya sendiri dan beban lainnya seperti pelat dan beban tambahan.

Menurut [8], Pelat lantai *precast half slab* dan pelat konvensional menggunakan tulangan diameter 10 mm dan tebal pelat 120 mm. Kekuatan struktur diantara kedua metode tersebut berbeda meskipun memiliki ketebalan dan menggunakan diameter yang sama. Kekuatan lentur nominal *precast half slab* dapat memikul beban akibat gaya luar terbesar pada pelat sebesar 28.532 KNm dan kekuatan lentur nominal pelat konvensional sebesar 25.181 KNm. Adanya sedikit perbedaan kekuatan lentur kedua metode pada penelitian ini disebabkan karena perbedaan jumlah dan spasi tulangan yang digunakan pada masing-masing metode. Hal ini menunjukkan bahwa dengan dimensi tebal dan tulangan yang sama, *precast half slab* dan pelat konvensional memiliki perilaku struktur

a. Pelat

Pada dasarnya perencanaan tulangan pelat dibagi menjadi dua macam yaitu : sistem perencanaan dengan tulangan pokok satu arah yang disebut pelat satu arah / *one way slab* dan sistem perencanaan dengan tulangan pokok dua arah yang disebut pelat dua arah / *two way slab*. Menurut SNI 2847:2013 [9] pasal 9.5.3.2 untuk menentukan pelat yang direncanakan adalah pelat satu arah maupun pelat dua arah menggunakan persamaan sebagai berikut:

Pelat Satu Arah

Pelat satu arah adalah pelat yang dimana pada sisi terpanjang menahan momen lentur lebih besar dari pada sisi pendek, Salah satu contoh pelat satu arah adalah pelat luifel atau biasa juga disebut pelat kantilever. Selain melihat dari sisi terpanjang pelat, penentuan pelat satu arah juga bisa melihat persamaan (1).

$$\frac{L_y}{L_x} > 2 \tag{Persamaan (1)}$$

Pelat Dua Arah

Pelat dua arah adalah pelat yang keempat sisinya mendapatkan momen lentur yang sama. Pelat dua arah ini sering di temukan pada bangunan gedung bertingkat, penentuan pelat dua arah juga bisa melihat persamaan (2).

$$\frac{L_y}{L_x} \leq 2 \tag{Persamaan (2)}$$

Dimana:

- L_y = Bentang panjang pelat
- L_x = Bentang pendek pelat

b. Balok

Pada umumnya balok adalah salah satu elemen struktur utama suatu bangunan yang berperan menerima beban dari pelat lalu diteruskan pada kolom, Jenis balok berdasarkan metode pekerjaannya terbagi menjadi dua yaitu balok konvensional dan balok *precast*. Balok konvensional adalah balok yang metode

pekerjaannya dilakukan pada saat pekerjaan tersebut dilaksanakan, sedangkan metode pekerjaan balok *precast* yaitu dilakukan pada suatu tempat atau pabrik.

Pada perencanaan dimensi balok yang akan ditetapkan adalah dimensi tinggi balok dan dimensi lebar balok yang dapat dihitung berdasarkan persamaan (3) dan (4).

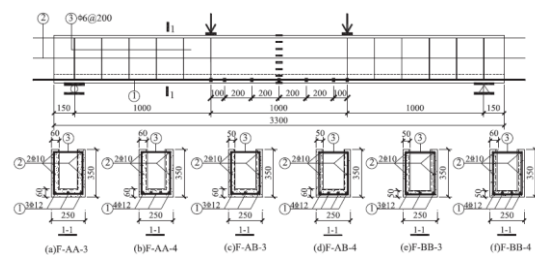
$$h = \frac{l}{16} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \tag{Persamaan (3)}$$

$$b = \frac{1}{2}h - \frac{2}{3}h \tag{Persamaan (4)}$$

Dimana :

- h = Tinggi balok (mm)
- f_y = Mutu baja (MPa)
- b = Lebar balok (mm)
- l = Bentang balok (mm)

Beberapa penelitian telah dilakukan pada *U-Shaped Beam/U-Shell* secara eksperimental maupun numerik, beberapa variasi model maupun material yang digunakan juga telah dikembangkan dalam penggunaan balok komposit *U-Shell*. Namun tidak banyak peneliti mempelajari sifat mekanik dan teori desain bekisting balok permanen, mengingat cangkang *U-Shell* sendiri merupakan bagian dari komponen balok untuk bekerja secara komposit dengan beton cast in situ. Wang, et al melakukan penelitian terhadap balok *U-Shell* menggunakan RPC dideskripsikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Penulangan Balok U-Shell [10]

c. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan di atas seluruhnya akan diinput pada program bantu SAP 2000, dan pada program bantu tersebut ditambahkan satu kombinasi pembebanan yaitu pembebanan tipe *Envelope*. Kombinasi pembebanan *Envelope* adalah salah satu fitur pada program SAP 2000 yang bertujuan untuk memilih kombinasi pembebanan mana yang paling maksimum dari seluruh kombinasi pembebanan yang di inputkan. Hal ini diperlukan untuk memudahkan peneliti untuk melakukan analisa dengan menggunakan pembebananultimate. Kombinasi pembebanan yang digunakan pada analisa struktur pada penelitian yaitu kombinasi pembebanan *ultimate* berdasarkan [11] adalah sebagai berikut:

$$U = 1,4D$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$$

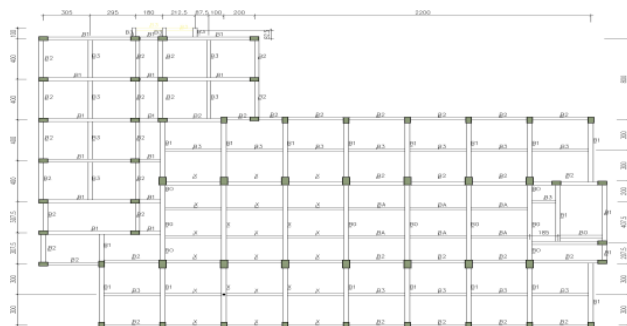
$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L \quad U = 0,9D + 1,0E$$

3. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan dari reaksi struktur eksisting, perilaku struktur eksisting, reaksi struktur berat secara keseluruhan. Parameter perbandingannya adalah menghitung berapa dimensi penampang dan menghitung berapa penulangan kedua struktur elemen balok *precast U-Shell* dan pelat lantai *Half Slab* terhadap kondisi eksisting pada gedung Rusun Sombo tersebut.

Data Umum Bangunan

Data struktur diperlukan untuk menunjang penelitian pada saat melakukan pemodelan ulang elemen struktur balok *prestress precast U-Shell* dan pelat lantai *Half Slab* adapun data yang diperlukan terbagi menjadi tiga yaitu data geometri gedung rusun Sombo, data eksisting rusun Sombo, dan data detailing balok rusun Sombo digambarkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Denah Balok-Kolom Gedung Rusun Sombo

Data Bangunan Eksisting :

- Lokasi bangunan : Surabaya, Jawa Timur
- Luas bangunan : 850,65 m²
- Jumlah lantai : 6 lantai (Lantai 6 atap)
- Struktur bangunan : Beton bertulang
- Fungsi gedung : Rumah Susun
- Kelas Tanah : C (Tanah keras, batuan lunak)

Mutu Bahan :

- Beton : 35 MPa
- Baja Tulangan (Ulir) : 400 MPa

Tipe Balok	Balok Type B1		Balok Type B2	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Gambar				
Dimensi	30 x 50 CM	30 x 50 CM	30 x 40 CM	30 x 40 CM
Tul. Atas	2B19	2B19	2B16	2B16
Tul. Bawah	2B19	2B19	2B13	2B13
Tul. Bawah	2B19	2B19	2B16	2B16
Senkang	D13-150	D13-200	#10-100	#10-150
Keterangan	- 1/2 Selimut 4 cm - Panjang Tulangan 7db - Mutu Beton F'c 25 Mpa	- 1/2 Selimut 4 cm - Panjang Tulangan 7db - Mutu Beton F'c 25 Mpa	- 1/2 Selimut 4 cm - Panjang Tulangan 7db - Mutu Beton F'c 25 Mpa	- 1/2 Selimut 4 cm - Panjang Tulangan 7db - Mutu Beton F'c 25 Mpa
Tipe Balok	Balok Type B3		Balok Type B4	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Gambar				
Dimensi	30 x 50 CM	30 x 50 CM	30 x 50 CM	30 x 50 CM
Tul. Atas	2B16	2B16	2B13	2B13
Tul. Bawah	2B13	2B13	2B10	2B10
Tul. Bawah	2B16	2B16	2B13	2B13
Senkang	#10-125	#10-200	#10-125	#10-125
Keterangan	- 1/2 Selimut 4 cm - Panjang Tulangan 7db - Mutu Beton F'c 25 Mpa	- 1/2 Selimut 4 cm - Panjang Tulangan 7db - Mutu Beton F'c 25 Mpa	- 1/2 Selimut 4 cm - Panjang Tulangan 7db - Mutu Beton F'c 25 Mpa	- 1/2 Selimut 4 cm - Panjang Tulangan 7db - Mutu Beton F'c 25 Mpa

Gambar 4. Detail Balok Gedung Rusun Sombo

4. Hasil Penelitian

a. Preliminary Design

Perencanaan Dimensi Balok U-Shell

Dimensi balok induk ini direncanakan sebagai balok dengan dua tumpuan sederhana dengan bentang 540 mm, mutu beton 35 MPa dan mutu baja 400 Mpa sehingga perencanaannya dihitung sesuai persamaan (1) dan persamaan (2) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Preliminary Design Balok U-Shell

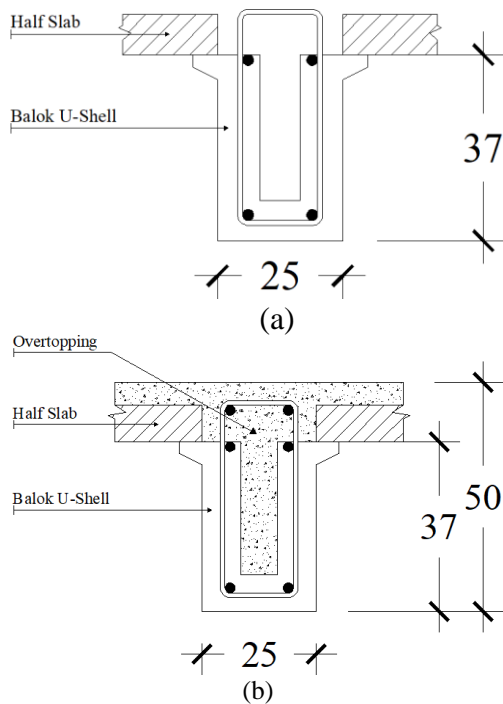
Type Balok	Lebar Balok (b)	Tinggi Balok (h)	Bentang Balok (cm)	Dimensi Balok (cm)
BI	35	70	540	35/70
BA	25	50	370	25/50

Perencanaan Dimensi Pelat Half Slab

Semua jenis pelat pada redesign akan direncanakan dengan spesifikasi mutu beton 35 MPa serta mutu baja 400 MPa. Pada perencanaan penulangan pelat ini akan dilakukan dalam dua kondisi yaitu pada saat kondisi sebelum komposit dan kondisi sesudah komposit. kemudian dari kedua kondisi tersebut akan dipilih pada kondisi kritis, sehingga tulangan yang dipakai pada seluruh pelat adalah hasil dari kondisi kritis tersebut hal ini dilakukan agar mempermudah dalam pengerjaannya. Pelat Type A dengan dimensi 3700 mm x 1510 mm akan digunakan sebagai contoh perhitungan dan sekaligus mewakili perhitungan dimensi pelat lainnya.

b. Perencanaan Balok U-Shell

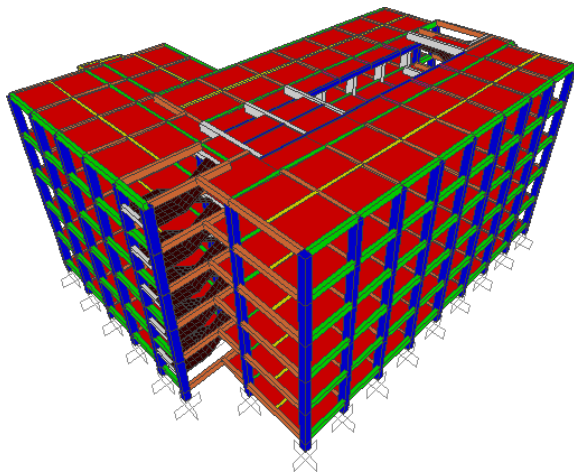
Pada perencanaan balok anak untuk mendapatkan reaksi gaya dalam pada balok peneliti menggunakan program bantu SAP 2000. Hal ini disebabkan untuk mengacunya perencanaan tulangan sebelum komposit maupun sesudah komposit, Sketsa Balok U-Shell terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sketsa Balok U-Shell (a) Sebelum Komposit (b) Sesudah Komposit

c. Permodelan Struktur Eksisting

Dari analisa yang sudah dilakukan dengan program bantu SAP 2000 didapatkan hasil momen maksimal dan minimal dari setiap masing – masing arah pelat dengan pembebanan pelat dua arah. Berikut sketsa permodelan 3D dapat dilihat Gambar 6.



Gambar 6. Permodelan 3D menggunakan program bantu SAP 2000

d. Analisa Perilaku Struktur

Setelah didapatkan reaksi struktur pada kondisi eksisting maka langkah selanjutnya yaitu analisa terhadap perilaku struktur. Pada analisa perilaku struktur terdapat 4 output yang diperoleh dengan program bantu SAP 2000 seperti kontrol partisipasi massa, kontrol periode struktur, kontrol nilai akhir respon spektrum, dan kontrol batas simpangan (drift), adapun nilai dari keempat point diatas adalah sebagai berikut :

Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan peraturan yang diacu oleh peneliti SNI 1726 – 2012 pasal 7.9.1 menyatakan bahwa nilai partisipasi massa harus menghasilkan sekurangnya 90% respon total yang diperoleh dari perhitungan respon dinamik. Berikut hasil output yang didapat dari program bantu SAP untuk hasil partisipasi massa pada Tabel 2.

Tabel 2. Ratio Partisipasi Massa Struktur Precast

OutputCase Text	StepNum Unitless	Period Sec	SumUX Unitless	SumUY Unitless
MODAL 1	1	1,086234	0,004402	0,657
MODAL 2	2	0,9975	0,681	0,677
MODAL 3	3	0,934923	0,752	0,734
MODAL 4	4	0,336237	0,754	0,817
MODAL 5	5	0,320609	0,829	0,822
MODAL 6	6	0,298471	0,838	0,826
MODAL 7	7	0,256915	0,838	0,838
MODAL 8	8	0,199105	0,838	0,838
MODAL 9	9	0,182642	0,861	0,828
MODAL 10	10	0,178297	0,862	0,86
MODAL 11	11	0,170965	0,862	0,86
MODAL 12	12	0,166757	0,862	0,86
MODAL 13	13	0,165946	0,865	0,86
MODAL 14	14	0,159048	0,865	0,86
MODAL 15	15	0,145987	0,865	0,86
MODAL 16	16	0,140652	0,866	0,86
MODAL 17	17	0,126054	0,874	0,86
MODAL 18	18	0,12203	0,875	0,86
MODAL 19	19	0,115806	0,875	0,873
MODAL 20	20	0,11042	0,876	0,874
MODAL 21	21	0,099613	0,878	0,875
MODAL 22	22	0,095367	0,879	0,877
MODAL 23	23	0,08379	0,879	0,88
MODAL 24	24	0,0803	0,879	0,881
MODAL 25	25	0,05446	0,879	0,883
MODAL 26	26	0,045959	0,959	0,883
MODAL 27	27	0,036567	0,968	0,947

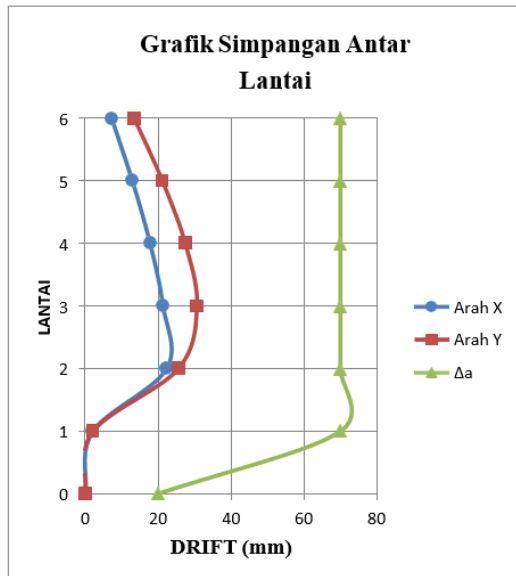
Berdasarkan tabel 2. didapatkan hasil partisipasi massa arah X sebesar 95% di modal ke 26, dan arah Y sebesar 94% di modal ke 27. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa analisa struktur telah memenuhi syarat yang pada SNI 1726 – 2012 pasal 7.9.1 nilai partisipasi massa harus menghasilkan sekurangnya 90%.

Kontrol Periode Struktur

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan diatas jika dibandingkan dengan T terbesar yang didapatkan dari program bantu SAP 2000 yang T sap=1,086234 s, sedangkan Tmin 0,612 s. Maka Periode Struktur memenuhi persyaratan.

Simpangan antar lantai

Dari analisa yang dilakukan dengan program bantu SAP 2000 didapatkan nilai simpangan antar lantai pada gedung rusun sombo kondisi eksisting. Grafik simpangan antar lantai pada Gambar 7.



Gambar 6. Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur Redesign

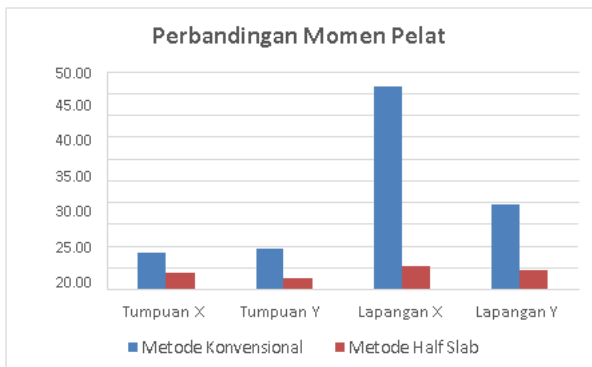
Dari kedua tabel diatas peneliti dapat menyimpulkan bahwa simpangan gedung kondisi eksisting telah memenuhi persyaratan SNI 1726 – 2012 karena tidak melebihi simpangan ijin (Δ_a).

e. Perbandingan Reaksi Struktur

Pada penelitian kali ini untuk perbandingan reaksi struktur akan akan dimunculkan tiga point perbandingan dari ketiga elemen struktur utama seperti pelat, balok dan kolom.

Perbandingan Momen Pelat

Pada perbandingan reaksi struktur pelat terdapat perbedaan hasil untuk kedua kondisi dari metode konvensional maupun metode precast half slab. Perbandingan reaksi struktur untuk elemen pelat terdapat pada Gambar 7.



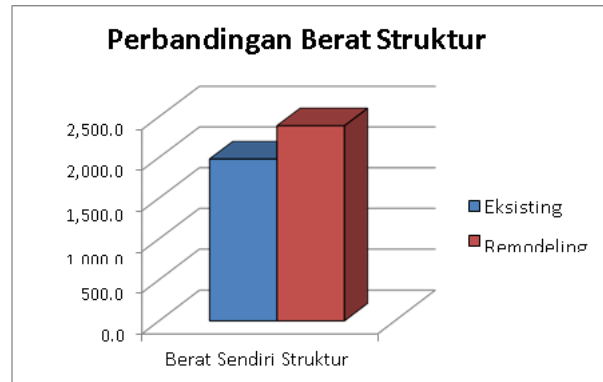
Gambar 7. Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur Redesign

Dari grafik yang telah disajikan diatas, maka peneliti dapat menarik kesimpulan bahwa nilai momen pelat untuk kondisi redesign dengan metode precast half slab lebih kecil dibandingkan dengan nilai momen

pada kondisi eksisting dengan metode konvensional dengan persentase perbandingan terbesar 88,04%.

Perbandingan Berat Struktur

Pada analisa berat struktur pada kedua kondisi didapatkan selisih berat struktur yang akan dijelaskan pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Perbandingan Berat

Berdasarkan Gambar 8, didapatkan hasil bahwa berat sendiri pada struktur dengan sistem precast lebih besar dibandingkan dengan sistem konvensional.

5. Kesimpulan

Dari hasil analisa yang telah dilakukan, diperoleh perbandingan perilaku struktur antar struktur eksisting dengan redesign sebagai berikut :

1. Nilai partisipasi massa pada kedua kondisi pemodelan telah memenuhi syarat. Dengan kondisi eksisting pada arah X mendapatkan nilai 91% dimodal ke-26 dan arah Y mendapatkan nilai sebesar 95% dimodal ke-28, dan sedangkan pada kondisi remodeling pada arah X mendapatkan nilai 95% dimodal ke-26 dan arah Y mendapatkan nilai sebesar 94% dimodal ke-27.
2. Pada perbandingan periode, struktur remodeling mendapatkan nilai 1,086 s lebih kecil dari pada pemodelan struktur eksisting 1,281 s.
3. Pada Perbandingan simpangan antar lantai, struktur remodeling nilainya lebih kecil dari pada struktur eksisting, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa struktur eksisting lebih fleksibel dibandingkan dengan struktur remodeling.
4. Perbandingan berat struktur dari kedua pemodelan terdapat perbedanaan selisih pada pemodelan eksisting struktur lebih ringan 408,558 ton terhadap struktur kondisi remodeling, hal ini dipengaruhi karena dimensi pada kondisi eksisting lebih bervariasi dibandingkan dengan remodeling dan untuk persentase perbandingannya antar pemodelan mendapatkan nilai sebesar 17 %.

6. Daftar Pustaka

[1] Y. Septiarsilia, D. Iranata, and B. Suswanto,

- “Hybrid Beam-Column Connection of Precast Concrete Structures: A Review,” *E3S Web Conf.*, vol. 434, pp. 1–12, 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202343402019.
- [2] S. Park, W. Hong, S. Kim, and X. Wang, “Mathematical Model of Hybrid Precast Gravity Frames for Smart Construction and Engineering,” vol. 2014, no. 2011, 2014.
- [3] Ulfa Rahmawati, Mahadi Kurniawan, and Sri Hartati Dew, “Analisis Teknis Balok Pracetak (Precast) Dengan Menggunakan Metode U-Shell (Studi Kasus: Gedung Living World Pekanbaru),” *Sainstek (e-Journal)*, vol. 6, no. 2, pp. 6–14, 2018, doi: 10.35583/js.v6i2.4.
- [4] D. K. Bull and R. Park, “Seismic Resistance of Frames Incorporating Precast Prestressed Concrete Beam Shells,” 1986.
- [5] T. Handayani, R. Aprilin, and R. E. Murtinugraha, “Kapasitas Pelat Lantai Metode Half-Slab Dan Metode Konvensional Berdasarkan Variasi Ketebalan,” *J. Pendidik. Tek. dan Vokasional*, vol. 3, no. 1, pp. 56–66, 2020.
- [6] N. Rahmadia and J. Tarigan, “Validasi penggunaan Panel Half Slab Precast pada Perencanaan Ruko di Sumatera Utara,” *J. Syntax Admiration*, vol. 3, no. 9, pp. 1134–1148, 2022, doi: 10.46799/jsa.v3i9.476.
- [7] “SNI 7834-2012 Metode Uji dan Kriteria Penerimaan Struktur Rangka Pemikul Momen Beton Bertulang pracetak untuk bangunan gedung.pdf.”
- [8] R. T. K. I. Mochamad Romi, Iskandar Romey Sitompul, “PERBANDINGAN SISTEM STRUKTUR DAN BIAYA PELAT LANTAI METODE PRECAST HALF SLAB DAN METODE KONVENSIONAL,” *Jom FTEKNIK*, vol. 3, no. 2, pp. 1–15, 2016.
- [9] SNI 2847 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, “SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung,” *Bsn.* p. 265, 2013, [Online]. Available: www.bsn.go.id.
- [10] H. Wang, E. M. Marino, P. Pan, H. Liu, and X. Nie, “Experimental study of a novel precast prestressed reinforced concrete beam- to-column joint,” *Eng. Struct.*, vol. 156, no. October 2017, pp. 68–81, 2018, doi: 10.1016/j.engstruct.2017.11.011.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, “Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain,” *Sni 1727-2013*. p. 196, 2013, [Online]. Available: www.bsn.go.id.