

ANALISIS DAN PERENCANAAN BALOK BETON BERTULANG DENGAN SISTEM *PRECAST IN SITE*

I Made Letra, I Gede Gegiranang Wiryadi, I Gede Oka Darmayasa, Ni Wayan Yuni Astari

Program Studi Teknik Sipil Universitas Mahasaraswati Denpasar

Email: anankwiryadi@gmail.com

ABSTRAK: Balok beton bertulang pada studi ini didesain secara *precast in site* atau dicor terlebih dahulu sebelum dipasang pada posisinya. Balok ini dibuat hanya dengan mengecor balok dikurangi dengan ketebalan pelat dan tanpa tulangan atas, sedangkan tulangan bawah dan tulangan gesernya tetap dipasang sesuai kebutuhan dari analisis. Tujuannya adalah mempersingkat waktu kerja dan mendapatkan mutu beton yang lebih baik. Balok ini merupakan bagian elemen struktur sebuah gedung yang telah didesain dan dianalisis terlebih dahulu dengan program komputer yang berbasis analisis struktur, SAP2000 v.16. Dimensi dan kebutuhan tulangan dari hasil analisis struktur digunakan acuan untuk menganalisis balok *precast in site*. Dimensi balok induk hasil analisis struktur gedung yaitu B1, B2, dan B3 dengan dimensi 300x500 mm, tetapi dengan jumlah kebutuhan tulangan yang berbeda. Sedangkan balok anak (BA) memiliki dimensi 250x400 mm. Kemudian balok *precast in site* B1, B2, dan B3 memiliki dimensi 300x350 mm dan balok anak (BA) berdimensi 250x250 mm setelah dikurangi tebal pelat 150 mm. Setelah dicor dan kering pada umur yang direncanakan, balok kemudian diangkat dan diposisikan pada kolom yang telah disediakan, setelah itu tulangan atas dan tulangan pelat dipasang dan dicor kembali. Analisis pengangkatan atau ereksi juga dilakukan agar memastikan beban yang bekerja tidak melewati kapasitasnya. Hasil analisis menunjukkan balok *precast* mampu memikul semua beban yang bekerja dan sistem *precast in site* ini dapat diterapkan dengan aman.

Kata kunci: Analisis struktur, balok, beton bertulang, *precast in site*

ABSTRACT: Reinforced concrete beams in this study are designed *precast in site* or cast before being installed in position. This beam is made only by casting the beam reduced by the thickness of the plate and without the top reinforcement, while the lower reinforcement and shear reinforcement is still installed as required from the analysis. The goal is to shorten the working time and get better concrete quality. This beam is part of the structural elements of a building that has been designed and analyzed in advance with a computer program based on structural analysis, SAP2000 v.16. Dimensions and reinforcement requirements from the results of the structural analysis are used as references to analyze *precast in site* beams. Main beam dimensions resulting from building structure analysis are B1, B2, and B3 with dimensions of 300x500 mm, but with different amounts of reinforcement requirements. Meanwhile, the joist (BA) has dimensions of 250x400 mm. Then the *precast in site* beams B1, B2, and B3 have dimensions of 300x350 mm and joists (BA) have dimensions of 250x250 mm after deducting the plate thickness of 150 mm. After being cast and dried at the planned age, the beam is then lifted and positioned on the column provided, after which the upper reinforcement and slab reinforcement are installed and cast again. Analysis of lifting or erection is also carried out to ensure that the working load does not exceed its capacity. The analysis results show that the *precast* beam is able to carry all the working loads and the *precast in site* system can be applied safely.

Keywords: structural analysis, beam, reinforced concrete, *precast in site*

PENDAHULUAN

Perkembangan metode pelaksanaan konstruksi saat ini semakin maju seiring dengan kemajuan teknologi yang mendukung. Berbagai alternatif pelaksanaan pekerjaan banyak dikembangkan untuk mempercepat pekerjaan dan tanpa menambah biaya serta tanpa mengurangi mutu dari yang disyaratkan. Salah satu metode pelaksanaan pekerjaan yang diterapkan adalah teknologi *precast* yaitu melakukan pengecoran elemen struktur terlebih dahulu sebelum dipasang pada posisinya. Salah satu proyek yang ada di Bali yang menggunakan metode ini adalah Pembangunan proyek RSUD Kabupaten Badung.

Seperti halnya struktur pada umumnya, struktur bangunan harus memiliki kekuatan yang mampu memikul setiap beban yang direncanakan baik beban gravitasi maupun beban lateral seperti gempa dan angin (SNI 1726 2012). System struktur khusus yang digunakan juga untuk menahan gaya lateral harus mampu menahan beban yang direncanakan seperti sistem struktur rangka, dinding geser, dinding pengisi, bresing, dan lainnya. Sistem-sistem struktur tersebut juga harus dipertimbangkan serta direncanakan keefektifannya dalam memikul beban rencana dan memberikan perilaku yang aman dan nyaman bagi penggunaannya (Sudarsana et al., 2014; Ardiwinata et al., 2020; Maharani et al., 2020).

Selain itu pemilihan material juga menjadi pertimbangan dalam menentukan system struktur serta metode pelaksanaan yang akan digunakan.

Beton merupakan material yang paling sering digunakan dalam dunia konstruksi karena kemudahan dan harga yang paling murah dibanding dengan material lainnya, serta metode pelaksanaan yang beragam dari yang konvensional sampai pracetak maupun prategang. Beton pracetak (*precast*) merupakan beton siap pakai yang memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan metode konstruksi konvensional dalam hal kontrol kualitas, pengurangan jumlah pekerja, dan pekerjaan yang dilakukan dilapangan lebih memerlukan waktu yang singkat. Beton pracetak (*precast*) dihasilkan dari proses produksi berupa pabrik atau masih di areal proyek yang disebut dengan metode *precast in site*. Penggunaan komponen struktur beton yaitu dengan balok *precast in site* dapat mengurangi biaya transportasi atau pengiriman produk dari pabrik ke lokasi proyek. Jika elemen balok menggunakan metode *precast in site* maka harus dipertimbangkan semua kondisi pembebanan, kekangan, dan deformasi mulai dari saat pabrikasi awal, hingga selesainya pelaksanaan struktur, termasuk pembongkaran cetakan, penyimpanan, pengangkutan, dan pengangkatan atau ereksi.

Pada proyek Pembangunan proyek RSUD Kabupaten Badung penerapan metode *precast in site* yaitu pada komponen balok dapat memberikan pengurangan waktu kerja dan kualitas beton yang lebih baik. Selain itu, fungsi gedung sebagai rumah sakit harus memiliki kekuatan lebih tinggi dibandingkan gedung-gedung lainnya. Hal ini dikarenakan gedung rumah sakit harus tetap berdiri setelah mengalami kondisi extreme, dimana gedung hanya boleh mengalami kerusakan tanpa mengalami keruntuhan. Perancangan struktur gedung rumah sakit dipengaruhi oleh fungsi setiap ruangan. karena mempengaruhi beban rencana yang akan diterima oleh struktur dan berimbas pada dimensi elemen struktur. Oleh karena itu, kajian ini bertujuan untuk menganalisis balok struktur yang dikerjakan secara *precast in site*.

PERENCANAAN STRUKTUR

Desain dan perencanaan suatu struktur gedung tidak akan pernah sama dan identik. Hal itu disebabkan oleh faktor beban yang direncanakan, kondisi tanah, lokasi gedung dan lain-lain. Struktur bangunan gedung harus direncanakan secara daktail sehingga pada kondisi pembebanan maksimum yang direncanakan, apabila terjadi keruntuhan kondisi strukturnya masih dapat memungkinkan pengguna bangunan gedung menyelamatkan diri. Beton adalah batu buatan yang kuat sekali menerima tekanan, tetapi sangat lemah apabila menerima gaya tarik. Menurut SNI 2847 2019, stuktur gedung dengan material beton bertulang harus direncanakan memikul setiap beban rencana yang bekerja dan memberikan gaya kombinasi yang maksimum.

Beban yang bekerja pada suatu struktur ada beberapa jenis menurut karakteristik, yaitu beban statis dan beban dinamis. Semua beban yang terjadi penggunaan suatu gedung dan termasuk beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, seperti meja/kursi, manusia, dan lain sebagainya (SNI 1727 2013). Berat dari semua bagian gedung yang bersifat tetap termasuk segala unsur tambahan yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung tersebut, seperti balok, kolom, pelat, dinding, jendela, plumbing, dan elektrik. Wilayah Bali, beban lateral dominan berupa gempa. Beban gempa yang bekerja pada gedung yang menirukan pengaruh gerakan tanah akibat gempa yang mengacu pada SNI 1726 2012.

METODE PENELITIAN

Struktur awal dianalisis dengan memodel pada program SAP2000 v.16 yang difungsikan sebagai rumah sakit dan berlokasi di Bali dengan kondisi tanah sedang (SD). Pemodelan dan analisis telah dilakukan pada kajian sebelumnya oleh Astari, 2020. Pemodelan struktur dimaksudkan untuk mengetahui perilaku struktur dan komponen struktur yang diakibatkan oleh pembebanan yang direncanakan, yaitu beban gravitasi dan gempa. Gaya dalam yang perlu diperhatikan antara lain gaya aksial, momen arah x & y, torsi, dan geser. Konsep desain yang diaplikasikan yaitu konsep LRFD (Load Resistance Factor Design), yaitu konsep ketahanan struktur terhadap beban terfaktor dengan tinjauan adanya faktor reduksi kekuatan masing-masing komponen struktur. Kuat rencana setiap komponen struktur tidak boleh kurang dari kekuatan yang dibutuhkan yang ditentukan berdasarkan kombinasi pembebanan LRFD.

Pembebanan

Pembebanan yang diaplikasikan pada kajian sebelumnya memperhitungkan beban gravitasi yang terdiri dari beban hidup dan beban mati serta beban lateral berupa beban gempa. Berat sendiri struktur diperhitungkan secara otomatis oleh SAP2000 dengan menginput self weight multiplier = 1. sedangkan beban mati tambahan dan beban hidup dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Beban mati tambahan

	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4
Keramik + spesi (1cm)	45 kg/m ²	45 kg/m ²	45 kg/m ²	45 kg/m ²
MEP (kg/m ²)	25	25 kg/m ²	25 kg/m ²	25 kg/m ²
Dinding bata ringan	-	454,7 kg/m	454,7 kg/m	454,7 kg/m
Dinding batako	985 kg/m	-	-	-
Plafon	-	18 kg/m ²	18 kg/m ²	18 kg/m ²

Tabel 2. Beban hidup

Nama Lantai	Nama ruangan	Beban Hidup (kN/m ²)
Basement	Parkir, toilet	1.92
	Kantor	2.40
	Gudang	4.79
	Lobby	4.79
Lantai 1	Toilet	1.92
	Klinik ginjal	2.87
	R. Staff, dapur	2.87
	Selasar, koridor	3.83
	R. Laundry	4.79
	R. Hemodialisa	4.79
	Cafeteria	4.79
	Gudang	6.00
Lantai 2	Toilet	1.92
	Lab	2.87
	R. Kasie	2.40
	R. direktur	2.40
	Selasar, koridor	3.83
	R. rapat direksi	4.79
Lantai 3	Toilet	1.92
	Ruang kantor	2.40
	Lobby, selasar	3.83
	Auditorium	4.79

Beban gempa direncanakan berdasarkan ketentuan SNI 1726 2012 dengan mengambil data percepatan spektral dari http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain Spektra_indonesia_2011/. Lokasi yang ditentukan berdasarkan lokasi dari gedung yang berada di Jalan Raya Kapal, Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung, pada gedung G RSUD Kabupaten Badung dengan data sebagai berikut:

Parameter respons spektral

$$SMS = Fa \times Ss = 1,108 \times 0,979 = 1,085$$

$$SM1 = Fv \times S1 = 1,692 \times 0,354 = 0,599$$

Parameter percepatan spektral desain

$$SDS = 2/3 \times SMS = 2/3 \times 1,085 = 0,723$$

$$SD1 = 2/3 \times SM1 = 2/3 \times 0,599 = 0,399$$

Sedangkan kombinasi pembebanan mengikuti kombinasi dari beban-beban yang bekerja antara lain: beban mati (D), beban hidup (L), gempa baik arah sumbu X (Ex) dan sumbu Y (Ey), yaitu sebagai berikut:

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L
3. 1,2D + 1,0L + 1,0Ex + 0,3Ey
4. 1,2D + 1,0L + 1,0Ey + 0,3Ex
5. 0,9D + 1,0Ex + 0,3Ey
6. 0,9D + 1,0Ey + 0,3Ex
7. Kombinasi layan : D + L

Perencanaan Balok Pracetak

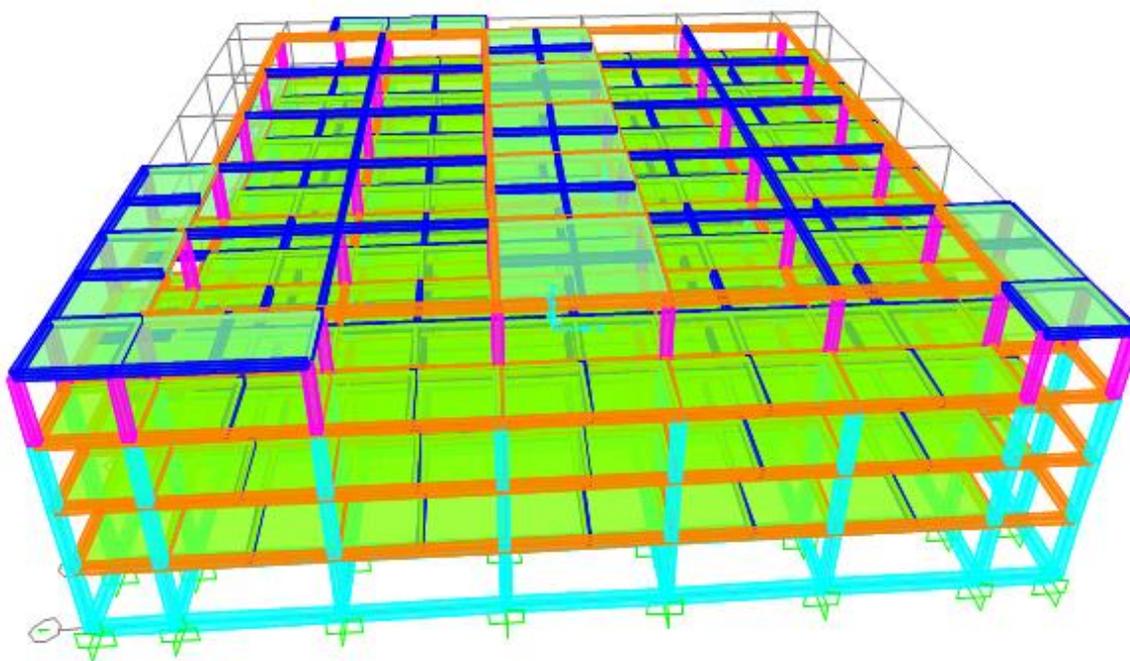
Secara umum beton precast mempunyai 3 (tiga) tahapan pelaksanaan, yaitu tahap pembuatan (pabrikasi), tahap pengangkatan dan tahap pemasangan (perakitan). Dimensi balok (b x h) diasumsikan sebelumnya ($h = L/10 - L/15$, dan lebar balok diambil $1/2H - 2/3H$), sehingga tebal balok pracetak dapat dicari dengan rumus $h \text{ pracetak} = h \text{ total} - h \text{ pelat}$.

Material struktur yang digunakan mengikuti perencanaan sebelumnya yaitu mutu beton (f'_c) 35 Mpa, mutu baja (f_y) 400 MPa (tulangan lentur) dan 240 MPa (tulangan geser).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan dan Analisis Struktur

Pemodelan dan analisis secara utuh yang telah dilakukan pada neleitian sebelumnya oleh Astari (2020) menggunakan program SAP2000. Pemeriksaan lendutan, rasio tulangan, dan simpangan struktur menjadi kontrol perencanaan struktur agar memenuhi kriteria desain yang aman. Hasil pemodelan dan dimensi yang telah memenuhi syarat dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut.

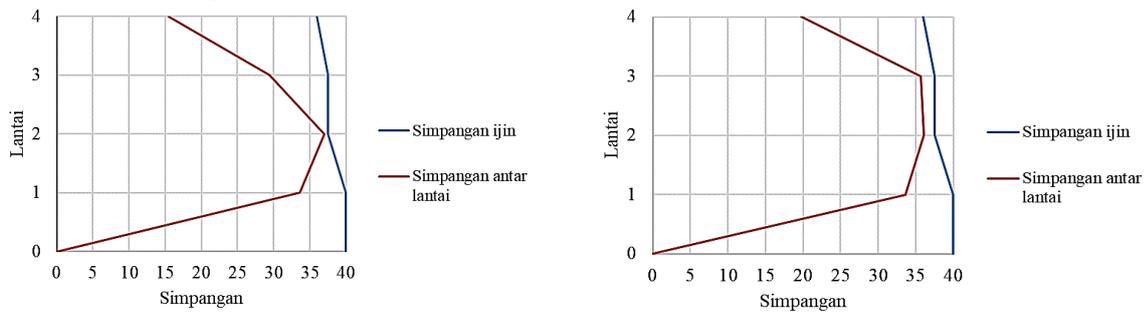


Gambar 1. Pemodelan struktur gedung

No	Nama Elemen Struktur	Dimensi
1	Balok induk	30x50 cm
2	Balok anak	25x40 cm
3	Sloof	30x50 cm

3	Kolom	50x50 cm
4	Kolom	45x45 cm
5	Pelat atap	12 cm
6	Pelat lantai	15 cm

Sedangkan pemeriksaan lendutan dan simpangan ditunjukkan pada tabel dan gambar berikut yang mana lendutan maupun simpangan tidak ada yang melewati batas ijin berdasarkan kriteria dari peraturan SNI 2847 2019 maupun SNI 1726 2012.



Gambar 2. Simpangan arah X (kiri) dan simpangan arah Y (kanan)

Pemeriksaan rasio tulangan ditampilkan nilai yang terbesar dari balok masing-masing lantai, semua rasio balok berada diantar rasio minimum dan rasio maksimum dan tidak ada yang melewati dari batas tersebut. Rasio tulangan balok maksimum dari masing-masing lantai dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Rasio tulangan balok induk

Lantai	(ρ) Rasio Tulangan Area Tumpuan (mm ²)		(ρ) Rasio Tulangan Area Lapangan (mm ²)		ρ min	ρ maks	Ket
	Tul. atas	Tul. bawah	Tul. atas	Tul. bawah			
4	0.0073	0.0035	0.0023	0.0074	0.0035	0.0284	OK
3	0.0207	0.0095	0.0046	0.0196	0.0035	0.0284	OK
2	0.0179	0.0083	0.0040	0.0120	0.0035	0.0284	OK
1	0.0209	0.0096	0.0046	0.0139	0.0035	0.0284	OK

Tabel 4. Rasio tulangan balok anak

Lantai	(ρ) Rasio Tulangan Area Tumpuan (mm ²)		(ρ) Rasio Tulangan Area Lapangan (mm ²)		ρ min	ρ maks	Ket
	Tul. atas	Tul. bawah	Tul. atas	Tul. bawah			
4	0.0049	0.0032	0.0016	0.0033	0.0035	0.0284	OK
3	0.0089	0.0042	0.0027	0.0072	0.0035	0.0284	OK
2	0.0060	0.0033	0.0019	0.0051	0.0035	0.0284	OK
1	0.0069	0.0042	0.0022	0.0072	0.0035	0.0284	OK

Hasil pemeriksaan rasio tulangan yang telah memenuhi syarat seperti tabel diatas digunakan sebagai asuan dalam menentukan jumlah tulangan lentur maupun tulangan geser dari masing-masing balok. Hasil perhitungan dan gambar detail penulangan balok dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 5. Kebutuhan tulangan balok

Tipe Balok	Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Torsi
	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	
	atas	bawah	atas	bawah			
B1 30x50	8D22	4D22	4D22	8D22	Ø12-100	Ø12-150	2D16

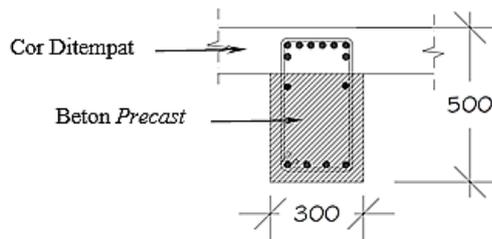
					(3 kaki)	(3 kaki)	
B2 30x50	8D22	4D22	4D22	8D22	Ø10-100	Ø10-150	2D16
B3 30x50	4D19	2D19	2D19	4D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
BA 25x50	4D19	2D19	2D19	4D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16

BI 1 (300X500)mm		BI 2 (300X500)mm	
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
8 D 22	4 D 22	8 D 22	4 D 22
4 D 22	8 D 22	4 D 22	8 D 22
2D16	2D16	2D16	2D16
Ø 12 - 100	Ø 12 - 150	Ø 10 - 100	Ø 10 - 150
BI 3 (300X500)mm		BA (250X400)mm	
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
4 D 19	2 D 19	4 D 19	2 D 19
2 D 19	4 D 19	2 D 19	4 D 19
2D16	2D16	2D16	2D16
Ø 10 - 100	Ø 10 - 150	Ø 10 - 100	Ø 10 - 150

Gambar 3. Detal dimensi dan penulangan balok

Perencanaan Balok Precast

Balok precast in site dibuat berdasarkan balok hasil analisis struktur sebelumnya yaitu dengan mengurangi tebal palat dan tidak dipasangnya tulangan atas pada tahap produksi. Sehingga yang dikerjakan pada tahap produksi hanya tulangan bawah, tulangan geser dan beton setinggi dibawah pelat lantai, seperti ilustrasi berikut:



Gambar 4. Metode balok *precast in site*

Balok pracetak ini kemudian dianalisis setelah diproduksi pada proses pengangkatan dimana posisi kait tempat mengangkat ditentukan berdasarkan analisis berikut ini.

b = 30 cm

$$\begin{aligned}
 h &= 50 \text{ cm} \\
 h' &= 50 - 15 = 35 \text{ cm} \\
 L &= 800 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

sehingga diperoleh rumus sebagai berikut:

$$Y_t = Y_b = 17,5 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} \times 30 \times 35^3 = 107187,50 \text{ cm}^4$$

$$Y_c = Y_t + 4 = 17,5 + 4 = 21,5 \text{ cm}$$

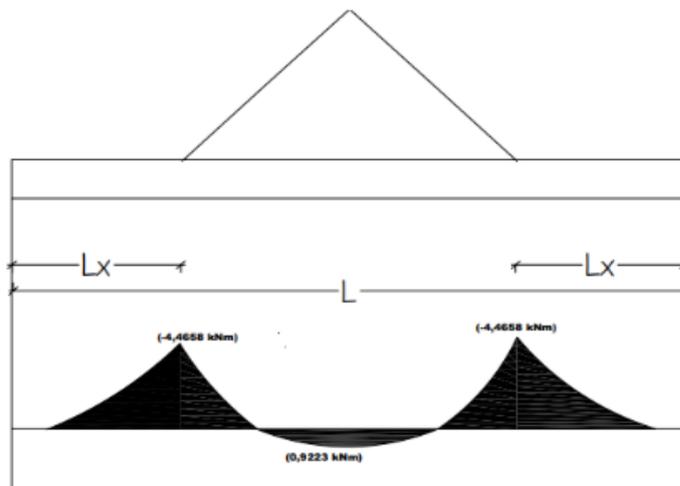
$$X = \frac{1 + \frac{4Y_c}{L \times \text{tg} \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \left(1 + \frac{4Y_c}{L \times \text{tg} \theta} \right)} \right)}$$

$$X = \frac{1 + \frac{21,5}{775 \times \text{tg} 45}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{12,5}{12,5} \left(1 + \frac{416,5}{775 \times \text{tg} 45} \right)} \right)}$$

$$X = 0,237$$

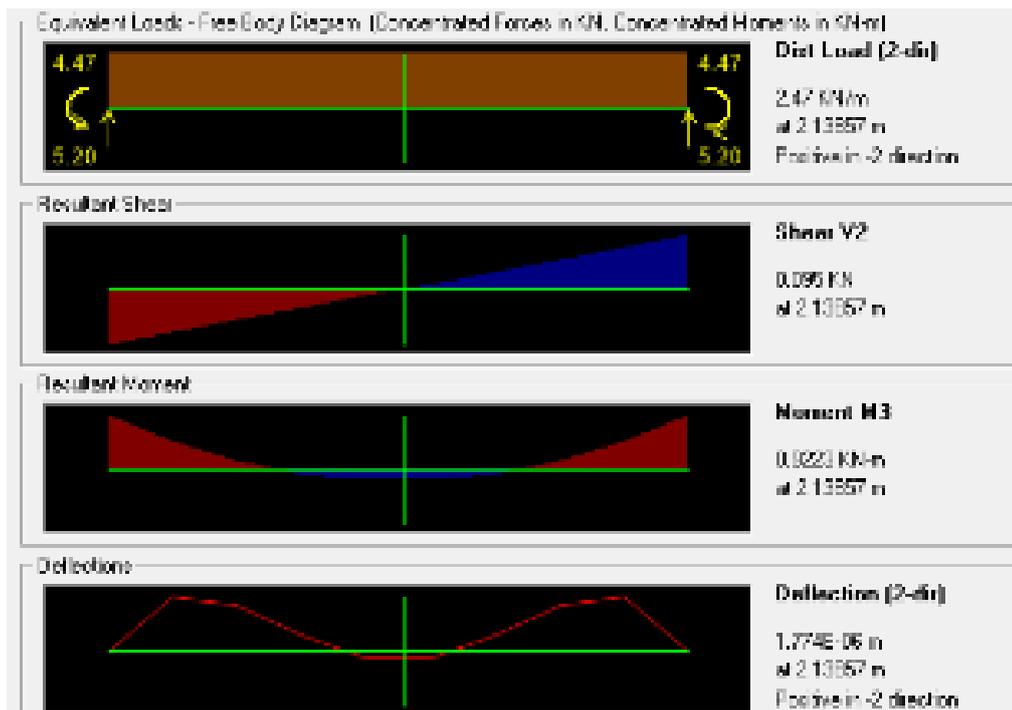
$$X \cdot L = 0,237 \times 800 \text{ cm} = 190 \text{ cm}$$

$$L = L - 2(X \cdot L) = 800 - 2(190) = 420 \text{ cm}$$



Gambar 5. Pengangkatan dan momen yang bekerja pada balok *precast in site*

Pembebanan balok induk diambil dari berat struktur sendiri. Berat sendiri balok sudah dihitung oleh SAP2000 dengan menginput self weight multiplier = 1. Momen yang bekerja pada balok diambil dari hasil pemodelan SAP2000.



Gambar 6. beban, momen, gaya geser dan lendutan yang bekerja pada balok

Perbandingan tulangan balok pada analisis struktur gedung utuh dengan hasil analisis balok precast in site menunjukkan kebutuhan tulangan masih aman dan tidak melewati gaya yang bekerja, seperti pada tabel berikut:

Tabel 6. Perbandingan kebutuhan tulangan balok

Nama Balok	Luas Tulangan Balok Utuh				Luas Tulangan Balok Sebelum Komposit			
	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan		Lapangan	
	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah
B1, B2, B3 30x50	3137	1437	692	2938	47	27	12	13
BA 25x40	887	418	274	719	40	23	10	12

KESIMPULAN

Penggunaan balok precast in site pada proyek Pembangunan Gedung G Rumah Sakit kapal telah dianalisis dan menunjukkan hasil yang sesuai dengan kriteria perencanaan dari peraturan yang berlaku. Hasil tersebut dapat mendukung penggunaan balok beton bertulang yang menggunakan metode *precast in site*. Deformasi yang terjadi dan simpangan maksimum struktur telah memenuhi kriteria perencanaan sehingga aman dan nyaman bagi pengguna.

Namun penelitian ini sangat direkomendasikan dilanjutkan untuk menganalisis sambungan beton lama (metode pracetak) dengan beton yang dicetak ditempat, serta sambungan balok-kolom baik secara eksperimen maupun simulasi numerik (Sudarsana et al., 2017, 2019, 2020). Sambungan balok-kolom pada sistem struktur rangka terbuka sangat mejadai kekutan dan kekakuan utama.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiwinata, I. D. M. S. *et al.* (2020) 'Perancangan Struktur Gedung Marketing Office Vasaka dengan Beton Bertulang dan Rangka Atap Baja Ringan di Jalan WR Supratman-Denpasar', *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*, 10(2), pp. 1–10.
- Astari, N. W. Y. (2020) *Analisa dan Perancangan Struktur Gedung Rangka Beton Bertulang Dengan Balok Precast in Site (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung G RSUD Kabupaten Badung)*. Universitas Mahasaraswati Denpasar.
- Badan Standardisasi Nasional (2012) *SNI-1726:2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Jakarta. Available at: www.bsn.go.id.

- Badan Standardisasi Nasional (2013) *SNI 1727-2013: Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta. Available at: www.bsn.go.id.
- Badan Standardisasi Nasional (2019) *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta. Available at: www.bsn.go.id.
- Maharani, I. D. A. R., Wibawa, I. M. S. and Wiryadi, I. G. G. (2020) 'Perancangan Struktur Gedung Rumah Sakit dengan Sistem Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus', *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*, 10(2), pp. 11–19.
- Sudarsana, I. K. *et al.* (2020) 'Numerical Analysis on Behavior of Reinforced Concrete T-Beam with Shear Strengthening using U-Strap Steel Plates and Bolts', *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(6), pp. 1181–1193. Available at: <http://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/11791>.
- Sudarsana, I. K., Gegiranang Wiryadi, I. G. and Adi Susila, I. G. (2017) 'Analisis Perilaku Hubungan Pelat-Kolom Tepi Struktur Pelat Datar menggunakan Concrete Damage Plasticity (CDP) dalam Abaqus', *Jurnal Spektran*, 5(2). Available at: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jsn/article/view/32932>.
- Sudarsana, I. K., Gegiranang Wiryadi, I. G. and Adi Susila, I. G. (2019) 'Finite element analysis of the effect M/V ratios on punching shear strength of edge slabcolumn connections of flat plate structure', *MATEC Web of Conferences*, 276. doi: 10.1051/mateconf/201927601012.
- Sudarsana, I. K., Giri, I. B. D. and Wiryadi, I. G. G. (2014) 'Efek Penambahan Dinding Geser atau Perimeter Beams Terhadap Perilaku Dinamis Struktur Pelat Datar Empat Tingkat', *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 18(1). Available at: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jits/article/view/23730>.