

ANALISIS STRUKTUR GEDUNG BETON PRACETAK DENGAN BALOK DAN PELAT LANTAI PADA GEDUNG KANTOR X

DINAR MAHARANI SEKAR ARUM¹, NESSA VALIANTINE DIREDJA²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Email : dinar.maharani@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Beton pracetak semakin banyak digunakan pada konstruksi bangunan bertingkat karena efisiensi waktu dan kualitas yang konsisten. Namun, kinerjanya di wilayah rawan gempa perlu dievaluasi, terutama pada sambungan antar elemen. Penelitian ini membandingkan respon struktur beton pracetak dengan beton konvensional pada gedung bertingkat melalui analisis respon spektrum menggunakan ETABS serta perhitungan manual kapasitas lentur dan geser sesuai standar nasional. Data dimensi, mutu material, dan detail sambungan diambil dari katalog pabrikan agar model lebih akurat. Hasil penelitian menunjukkan gaya geser dasar pada kedua sistem relatif sama karena pembebanan identik, sementara penyimpanan antar tingkat pracetak lebih besar, tetapi masih dalam batas desain. Rasio kapasitas penampang pracetak melebihi kondisi minimum dan efek $P-\Delta$ tetap aman. Kesimpulannya, beton pracetak dapat digunakan di zona seismik dengan perencanaan yang memenuhi kekuatan serta daktilitas, dan disarankan melibatkan data pabrikan untuk desain yang realistis.

Kata kunci: Beton Pracetak, Kapasitas Penampang, Sambungan Mekanis, Analisis Respon Struktur

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri konstruksi yang menuntut pembangunan lebih efisien dari segi waktu, biaya, dan kualitas. Beton pracetak menjadi salah satu inovasi karena elemen strukturalnya diproduksi di pabrik dengan kontrol mutu yang ketat, kemudian di rakit di lokasi proyek. Metode ini memiliki keunggulan seperti percepatan waktu konstruksi dan konsistensi produk. Pada awal perencanaan pembangunan, gedung kantor ini mulanya menggunakan struktur beton bertulang yang kemudian pada penelitian ini di modifikasi menjadi beton pracetak pada pelat dan baloknya sehingga denah yang digunakan pada beton pracetak sama dengan denah beton konvensional.

Hipotesis primer penelitian ini adalah bahwa beton pracetak pada balok dan pelat lantainya memberikan kinerja struktural yang setara atau mendekati beton konvensional dalam hal respon terhadap gempa. Hipotesis sekundernya adalah kekakuan yang berkurang akibat sambungan pracetak tidak akan secara signifikan menurunkan kapasitas penampang apabila desain sambungan sesuai standar kekuatan yang berlaku. Untuk menguji hipotesis tersebut, dilakukan pemodelan struktur dengan perangkat lunak ETABS, perhitungan manual kapasitas penampang, serta perbandingan kebutuhan tulangan antara sistem pracetak dan sistem konvensional pada gedung eksisting.

Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pemahaman perilaku struktur beton pracetak di wilayah rawan gempa khususnya terkait pada sambungan terhadap kekuatan dan kekakuan elemennya.

2. METODELOGI

Penelitian ini bersifat kuantitatif yang menggunakan perangkat lunak analisis struktur ETABS dan menggunakan perhitungan manual kapasitas penampang.

Objek penelitian berupa gedung beton bertulang yang berjumlah 3 lantai dengan fungsi gedung sebagai gedung perkantoran di pusat Kota Bandung. Sistem struktur dipergunakan adalah sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Variasi pemodelan struktur dibagi menjadi 2 pemodelan sebagai berikut:

- Pemodelan Bangunan Eksisting dengan menggunakan beton konvensional
- Pemodelan variasi modifikasi dengan menggunakan beton pracetak pada balok dan pelat lantai.

Metode pengambilan data, untuk data primer seperti spesifikasi sambungan diambil dari katalog Peikko Group dan elemen pracetak diambil dari katalog PT Waskita Beton Precast dan PT Beton Elemenindo Perkasa. Data sekunder yang digunakan mengacu pada SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, dan SNI 1727:2020.

Detail dimensi penampang yang digunakan pada beton pracetak yaitu melakukan preliminary desain dengan memperhitungan dimensi minimum penampang elemen struktural. Dimensi balok dan kolom yang dihasilkan untuk beton pracetak memiliki dimensi yang lebih kecil dibandingkan dengan eksisting dengan mengacu pada dimensi minimum preliminary desain.

Tabel 1 Data Struktur

Tipe	Struktur Eksisting			Tipe	Struktur Pracetak		
	b	h	t		b	h	t
	mm	mm	mm		mm	mm	mm
B0(Var)	600	1000	-	Bkanti	600	950	-
	600	600	-		600	950	-
B1	600	950	-	B1	600	950	-
B2	450	800	-	B2	400	800	-
B3	300	600	-	B3	300	600	-
B5	250	400	-	B5	250	400	-
K1A	600	800	-	K1A	600	750	-
K1B	600	800	-	K1B	600	750	-
K2	400	400	-	K2	400	400	-
PL1	-	-	140	PL1	(Pracetak)	-	80
					(Overtopping)		60
PL2	-	-	120	PL2	(Pracetak)	-	80
					(Overtopping)		60

Mutu beton yang digunakan pada semua elemen struktur eksisting sebesar 29 Mpa. Sedangkan mutu pada balok dan pelat lantai struktur pracetak mengikuti ketersediaan pada brosur sebesar 69 MPa dan 37,35 Mpa.

Pemebanan yang digunakan pada saat pemodelan struktur eksisting dan struktur pracetak adalah sama yaitu untuk beban mati sebesar 24 kN/m^2 , total beban mati tambahan untuk pelat lantai sebesar $2,07 \text{ kN/m}^2$ beban mati tambahan untuk dak atap sebesar $2,46 \text{ kN/m}^2$, beban mati tambahan untuk balok pada jendela dan kaca sebesar $0,38 \text{ kN/m}^2$ serta beban mati tambahan untuk dinding sebesar $2,35 \text{ kN/m}^2$.

Tahapan metode pengolahan data yaitu pemodelan struktur yang spesifikasinya mengikuti katalog brosur dan ketentuan SNI, analisis beban gempa yang dilihat berdasarkan respon spektrum untuk memperoleh respon struktur, perhitungan kapasitas penampang yang dihitung secara manual serta untuk mendapatkan rasio. Sehingga diharapkan dapat mengetahui perilaku struktur beton pracetak berdasarkan data respon struktur.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

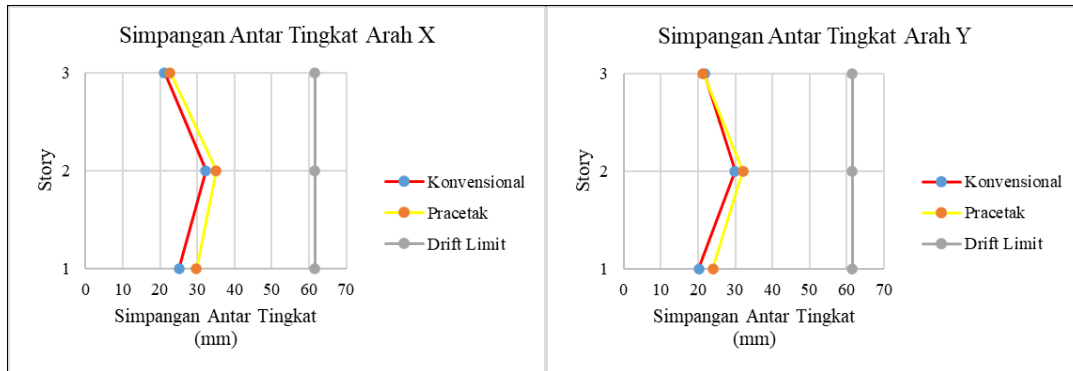
Hasil perbandingan analisis respon struktur beton konvensional dan beton pracetak yang meliputi partisipasi massa, gaya geser dasar seismik, periode getar struktur, simpangan antar tingkat dan pengaruh $P-\Delta$ yang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Hasil Penelitian Analisis Respon Struktur

Parameter	Eksisting		Pracetak	
	Arah - X	Arah - Y	Arah - X	Arah - Y
Modal Partisipasi Massa (%)	99,7 Modal ke-7	96 Modal ke-7	99,43 Modal ke-7	96,61 Modal ke-7
Gaya Geser Dasar, V (kN)	1105	1105	1105	1105
Simpangan Antar Lantai, Max (mm)	32,235 Lantai 2	29,914 Lantai 2	35,073 Lantai 2	32,125 Lantai 2
P- Δ , Max	0,016 Lantai 1	0,012 Lantai 1	0,015 Lantai 1	0,012 Lantai 1

Dari hasil penelitian analisis respon struktur berdasarkan **Tabel 2** sebagai berikut:

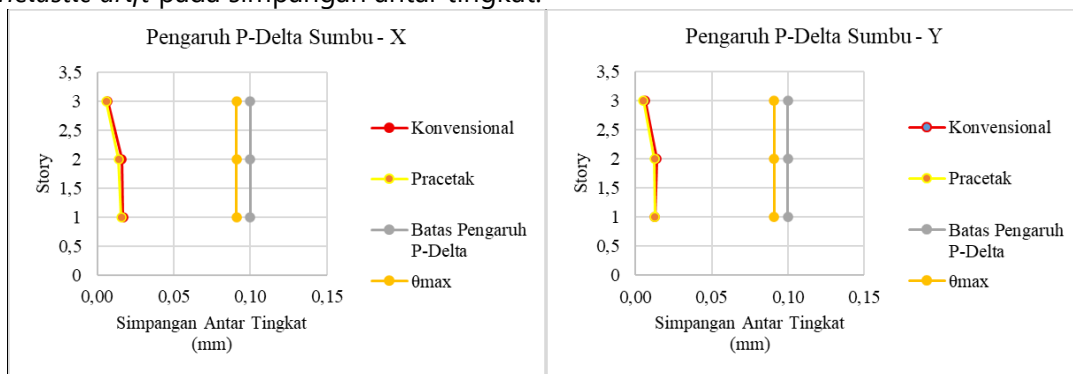
1. Modal Partisipasi Massa
Nilai partisipasi massa yang disyaratkan adalah lebih besar dari 90 %. Untuk semua model, pada mode ke-7 telah mencapai lebih dari 90%.
2. Gaya Geser Dasar
Gaya geser dasar yang dihasilkan dari beton konvensional dan beton pracetak adalah sama. Hal ini disebabkan akibat adanya pembebanan yang sama dan menghasilkan massa struktur yang sama, sehingga mempengaruhi gaya geser dasar.
3. Simpangan Antar Lantai
Simpangan antar tingkat pada beton konvensional lebih kecil dibandingkan beton pracetak sehingga kekakuan pada beton konvensional lebih tinggi dibanding beton pracetak.



Gambar 1 Grafik Perbandingan Simpangan Antar Tingkat

4. Pengaruh P- Δ

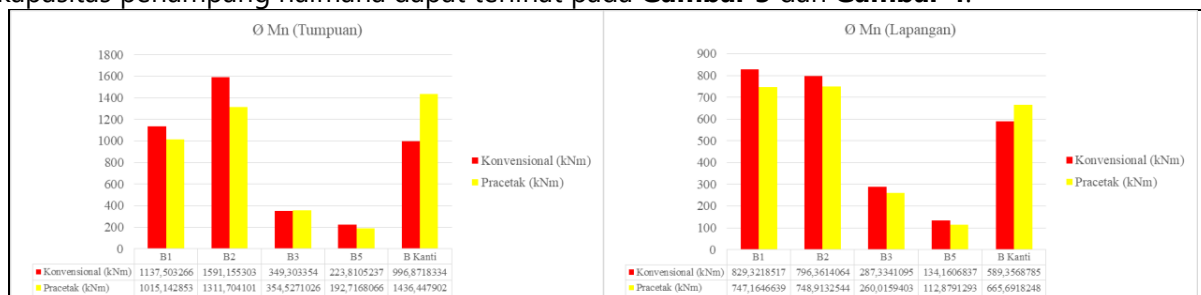
Hasil perhitungan pengaruh P- Δ terlihat bahwa perbedaannya tidak terlalu signifikan, namun pada P- Δ konvensional lebih kecil dibandingkan pracetak karena berpengaruhnya *inelastic drift* pada simpangan antar tingkat.



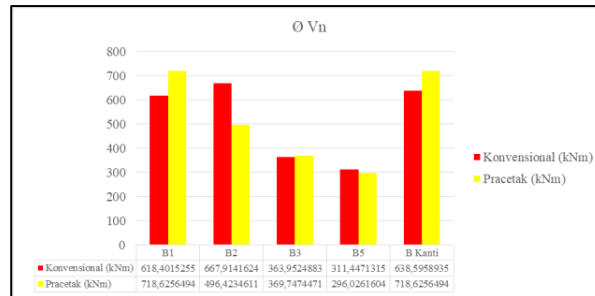
Gambar 2 Grafik Perbandingan P- Δ

4.5 Kapasitas Penampang

Hasil desain penulangan desain balok didapatkan kebutuhan tulangan serta dimensi yang digunakan. Untuk mendapatkan rasio dari kapasitas penampang balok maka dilakukan analisis kapasitas penampang halmana dapat terlihat pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**.



Gambar 3 Grafik Kapasitas Momen Balok



Gambar 4 Grafik Kapasitas Geser Balok

Kapasitas penampang momen lentur pada balok yang dihasilkan bahwa kapasitas penampang konvensional lebih tinggi dibanding pracetak karena berkaitan dengan kontinuitas dan ikatan pada sambungan. Sehingga memiliki kapasitas penampang yang lebih tinggi.

Kapasitas penampang geser pada balok beton konvensional lebih tinggi dibandingkan beton pracetak karena pengaruh dari sambungan konvensional yang monolit.

4.6 Sambungan Beton Pracetak

Sambungan beton pracetak terdiri dari sambungan konsol pendek pada kolom sebagaiudukan balok induk dan balok anak halmana dapat terlihat pada **Tabel 3** serta sambungan mekanis yang menghubungkan elemen balok – kolom, sambungan balok anak – balok induk, sambungan balok – pelat dapat terlihat pada **Tabel 4**, **Tabel 5**, **Tabel 6**.

Tabel 3 Sambungan Konsol Pendek

Sambungan	Vu (kN)	Nu (kN)	Ukuran		D Long (mm)	D Trans (mm)
			b (mm)	h (mm)		
B1 K1A	398	80	600	810	20	13
B2 K1A	398	80	400	660	20	13
B2 K1B	232	46	400	660	20	13
B3 K2	54	11	300	460	20	13
B5 (Bkanti-BKanti)-9,4 m	69	14	250	260	13	13
B3 (B2-B2)- 3,6 m	117	23	300	460	13	13
B2 (B2-B2)- 11,4 m	237	47	400	660	13	13

Tabel 4 Rekapitulasi Sambungan Balok - Kolom

Rekapitulasi Sambungan Balok – Kolom		
Tekan	=	SM 20 A - PM 20 - SM 20 B
Tarik	=	SM 20 A - PM 20 - SM 20 B

Tabel 5 Rekapitulasi Sambungan Balok Induk – Balok Anak

Rekapitulasi Sambungan Balok Induk – Balok Anak		
Tekan	=	SM 20 A - PM 20 - SM 20 B
Tarik	=	SM 20 A - PM 20 - SM 20 B

Tabel 6 Rekapitulasi Sambungan Balok - Pelat

Rekapitulasi Sambungan Balok – Pelat	
Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tekan	200 mm
Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tarik	300 mm

Sambungan mekanis yang digunakan mengacu pada produk Peikko Group dengan menggunakan modix rebar coupler. Serta sambungan balok dengan pelat menggunakan panjang penyaluran kemudian di cor pada overtopping menggunakan cor secara in situ.

5. KESIMPULAN

Sistem beton pracetak dengan balok pracetak dan pelat half-slab menggunakan sambungan mekanis penuh mampu memberikan kinerja yang sebanding dengan beton konvensional pada bangunan bertingkat di wilayah rawan gempa. Gaya geser dasar keduanya sama karena pembebanan identik, sementara simpangan antar tingkat pracetak lebih besar namun masih memenuhi batas SNI 1726:2019. Kapasitas lentur dan geser pracetak tetap sesuai SNI 2847:2019 dengan penurunan kecil (<5%), dan efek $P-\Delta$ berada dalam batas aman. Hal ini membuktikan bahwa pracetak dapat digunakan tanpa penurunan kapasitas penampang yang signifikan, asalkan sambungan dirancang sesuai standar kekuatan dan daktilitas. Temuan juga menekankan pentingnya detail tambahan pada sambungan untuk mengendalikan drift. Secara teoritis, hasil ini mendukung konsep bahwa kinerja pracetak sangat mempengaruhi sambungan, serta secara praktis tekanan perlunya integrasi data pabrikan agar desain lebih realistis dan siap diterapkan..

DAFTAR RUJUKAN

- B. Guaygua, A. J. Sánchez-Garrido, and V. Yepes, "A systematic review of seismic-resistant precast concrete buildings," *Structures*, vol. 58, 2023, Art. no. 105598.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 7833:2012 Tata cara perancangan beton pracetak dan beton prategang untuk bangunan gedung*. Jakarta : BSN
- Badan Standardisasi Nasional. (2019a). *SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung*. Jakarta : BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019b). *SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Jakarta : BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain*. Jakarta : BSN.