

KUAT LENTUR PELAT BETON PRECAST SEGMENTAL TANPA GROUTING MENGUNAKAN TULANGAN KONVENSIONAL DENGAN PEREKAT LEM BETON

Abdul Rochman^{1*}, M. Ujianto^{2*}, Nur Rohman Hidayatulloh³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Sukoharjo, Jawa Tengah
*Email: ar126@ums.ac.id

Abstrak

Pembuatan beton konvensional membutuhkan banyak tenaga dan waktu dalam pengerjaannya. Pemakaian beton precast bisa menjadi salah satu solusi. Teknologi precast sudah banyak diterapkan pada berbagai elemen bangunan, salah satunya pada struktur pelat. Penelitian ini mengkaji suatu sistem pelat precast alternatif, yang dibuat secara segmental. Benda uji pelat dibuat dengan ukuran: panjang 100 cm, lebar 65 cm, tebal total 10 cm. Gaya tarik prestress diberikan oleh baja tulangan konvensional diameter 10 mm dengan cara mengencangkan baut di kedua ujungnya. Uji kuat lentur dilakukan dengan menggunakan 2 titik pembebanan. Dari hasil pengujian diperoleh, untuk pelat precast segmental nilai kekakuan rata-ratanya sebesar 1369,394 N/mm, dan momen ultimit rata-ratanya sebesar 7,916 kN.m. Sedang untuk pelat utuh (non precast), nilai kekakuan rata-ratanya sebesar 1782,702 N/mm, dan momen ultimit rata-ratanya sebesar 11,582 kN.m. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan, kinerja pelat precast segmental belum sebaik pelat utuh konvensional.

Kata kunci : pelat precast, segmental, kekakuan, momen ultimit

PENDAHULUAN

Plat beton bertulang adalah struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja memiliki arah tegak lurus pada bidang plat tersebut. Ketebalan bidang pelat ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton ini sangat kaku dan arahnya horisontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal.

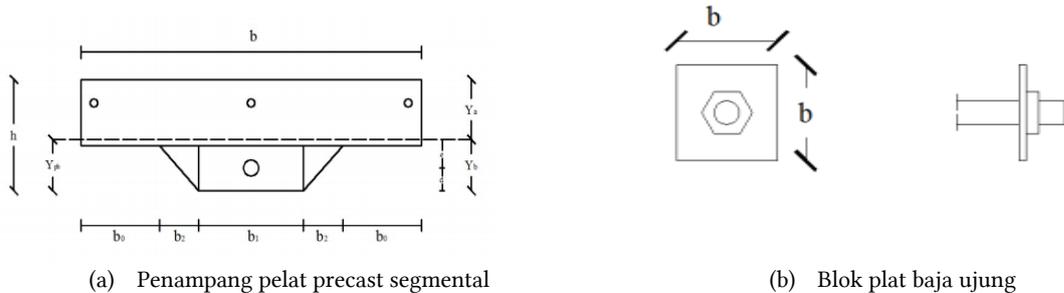
Plat beton konvensional umumnya tersusun atas komponen plat lantai, balok anak, balok induk dan kolom. Plat beton konvensional dibuat dan dicor langsung pada tempat pekerjaan konstruksi, sesuai dengan bagian yang dibutuhkan pada perencanaan. Beton konvensional ini masih menjadi favorit bagi beberapa kalangan dalam pembuatan bangunan tertentu. Tetapi ada kelebihan dan kekurangan dalam struktur beton konvensional. Kelebihannya yaitu lebih mudah disesuaikan dengan kebutuhan dengan kebutuhan, dapat dibuat ditempat yang sempit, pengawasan lebih terkontrol. Tetapi beton konvensional memiliki kekurangan antara lain waktu pekerjaan lebih lama, kualitas dan mutu beton sulit terukur, biaya yang besar dari segi bahan dan proses pembuatan.

Untuk mengantisipasi dari kekurangan dari plat beton konvensional diantaranya terdapat alternatif untuk menggunakan plat beton *precast* dan *prestress*. Untuk plat beton *prestress* memiliki kekurangan pada mahalnya sewa alat dan juga mahalnya bahan untuk pembuatan plat beton *prestress*. Untuk itu maka digunakan plat beton *precast* yang menghemat biaya dalam pelaksanaan sebuah pekerjaan konstruksi.

Aziz (2014) telah meneliti tentang perbandingan pelaksanaan pekerjaan plat beton metode konvensional dan metode precast. Berdasarkan hasil dan analisa didapatkan besar reduksi pekerjaan antara pracetak *fly slab* dibandingkan metode konvensional cor di tempat antara lain: biaya pekerjaan lebih ekonomis, yaitu dapat mereduksi rencana anggaran biaya sebesar 3,05% -37,57%, durasi pekerjaan lebih cepat, sebesar 2,94% -72,72% bila dibanding dengan plat konvensional cor di tempat, lebih ramah lingkungan, dapat meminimalisir pemakaian kayu pada proyek tersebut karena dapat mereduksi biayapenggunaan kayu antara 90,11% -98,81%.

Penelitian tentang pelat beton *precast* telah dilakukan oleh Pratama, O. (2018) yang meneliti tinjauan ekonomis pelat beton dengan sistem *precast* menggunakan perkuatan kawat harmonika. Penelitian yang serupa juga dilakukan oleh Haryanti, N. (2019) yang meneliti pelat beton *precast* bentuk

beralur dengan tulangan *wiremesh*. Penelitian ini mencoba untuk melanjutkan penelitian tersebut yang mengkaji seberapa efektif pemakaian plat beton *precast* segmental yang diaplikasikan untuk lantai bangunan rumah tinggal sederhana. Plat beton *precast* didesain berbentuk V dan sebagai perkuatan tarik digunakan tulangan baja konvensional. Karena dibuat dalam bentuk segmental, kinerja platnya tentu berbeda dengan plat beton yang dibuat secara konvensional. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah: (i) untuk mengetahui perbandingan kekakuan dan ketahanan lendutan plat beton *precast* dengan plat beton konvensional, (ii) untuk mengetahui perbandingan kekuatan atau daya dukung plat beton *precast* dengan plat beton konvensional, (iii) untuk mengetahui perbandingan berat dan biaya plat beton *precast* dengan plat beton konvensional.



Gambar 1. Penampang pelat beton precast segmental dan blok plat baja ujung

Luasan tulangan untuk memberikan gaya *prestress* dihitung sebagaimana perhitungan tendon pada balok *prestress* metode *post-tensioned*. Perhitungan dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

a). Menghitung modulus elastisitas beton, E_c

$$E_c = w^{1.5} \cdot (0,043) \cdot \sqrt{f'_c} \text{ (dalam MPa)} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan w = berat jenis beton (kg/m³)
 f'_c = kuat tekan beton pada umur 28 hari (MPa)

b). Melakukan analisis penampang (diperoleh e, Y_a, Y_b, I_{pb})

c). Menghitung tegangan tepi atas dan tepi bawah pelat (Rochman, A., 2008)

Tepi atas :

$$-\frac{T_f}{\sum A_i} + \frac{T_f \cdot e \cdot Y_a}{I_{pb}} - \frac{M_D \cdot Y_a}{I_{pb}} - \frac{M_L \cdot Y_a}{I_{pb}} \leq 0,45 \cdot f'_c \dots\dots\dots(2)$$

Dari persamaan diatas diperoleh nilai $T_f = \dots$

Tepi bawah :

$$-\frac{T_f}{\sum A_i} - \frac{T_f \cdot e \cdot Y_b}{I_{pb}} + \frac{M_D \cdot Y_b}{I_{pb}} + \frac{M_L \cdot Y_b}{I_{pb}} \leq 0,5 \cdot \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(3)$$

Dari persamaan diatas diperoleh nilai $T_f = \dots$

Dari perhitungan tegangan saat akhir pada bagian tepi atas dan tepi bawah dipilih nilai T terkecil yang kemudian digunakan untuk mencari diameter tulangan pokok dengan rumus sebagai berikut:

$$D = \sqrt{\frac{T_{\text{terkecil}}}{\frac{1}{4} \cdot \pi}} \dots\dots\dots(4)$$

dengan :

- T_f = gaya tarik awal tulangan pokok (N)
- f'_c = kuat-tekan beton pada 28 hari (Mpa)
- $\sum A_i$ = luas penampang netto (mm²)
- I_{pb} = momen inersia penampang beton (mm⁴)

Perhitungan blok plat baja ujung sebagai berikut:

$$A_{baja} = \frac{T}{0,45 \cdot f'c} \quad \dots\dots\dots(5)$$

Menghitung momen plat baja

$$\sigma = \frac{T}{b \cdot h} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$M_{plat} = \frac{1}{2} \cdot b \cdot h \cdot \sigma \cdot \frac{1}{2} \cdot b \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$M_{plat} = \frac{1}{4} \cdot b \cdot t^2 \cdot f_y \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$t = \sqrt{\frac{M_{plat}}{\frac{1}{4} \cdot b \cdot f_y}} \quad \dots\dots\dots(9)$$

Momen ultimit lentur hasil pengujian dihitung dengan persamaan:

$$M_{kap} = \frac{1}{4} \cdot P_{max} + \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 \quad \dots\dots\dots(10)$$

dengan :

M_{kap} = momen kapasitas lentur hasil pengujian (Nmm)

P_{max} = beban maksimum (Nmm)

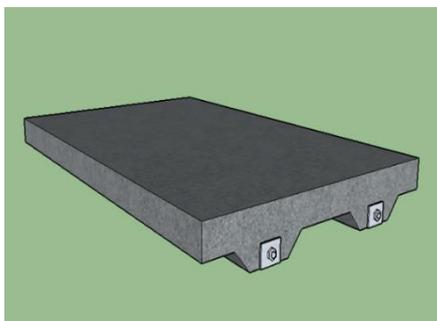
q = beban merata (N/mm)

l = bentang benda uji (mm)

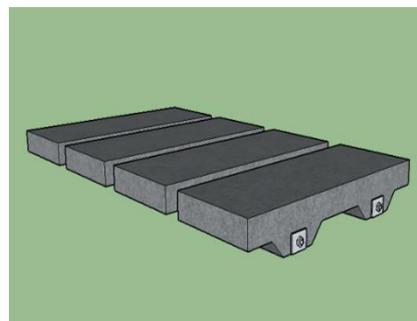
METODOLOGI

Bahan dan alat

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Bahan-bahan yang diperlukan antara lain: semen *Portland*, menggunakan semen jenis I dengan merk Indocement. Agregat halus, diambil dari PT. Panca Darma Beton. Agregat kasar berukuran maksimal 10 mm, diambil dari PT. Panca Darma Beton. Air diambil dari laboratorium Fakultas Teknik jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Tulangan baja, digunakan adalah baja tulangan dengan Ø10 mm. *Wiremesh* (tulangan kawat baja las) dengan diameter 6 mm. *Superplasticizer*, digunakan *viscocrete 1003*, dibeli dari PT. Sika. Peralatan yang digunakan antara lain: Kerucut *Abram's*, untuk uji *slump flow*. *Concrete mixer*, untuk mengaduk campuran beton. Cetakan silinder, untuk pembuatan benda uji kuat-tekan beton. *Hidrolis Testing Machine*, untuk uji kuat tekan, kuat-tarik, dan kuat lentur.



(a) Benda uji plat utuh



(b) Benda uji plat *segmental*

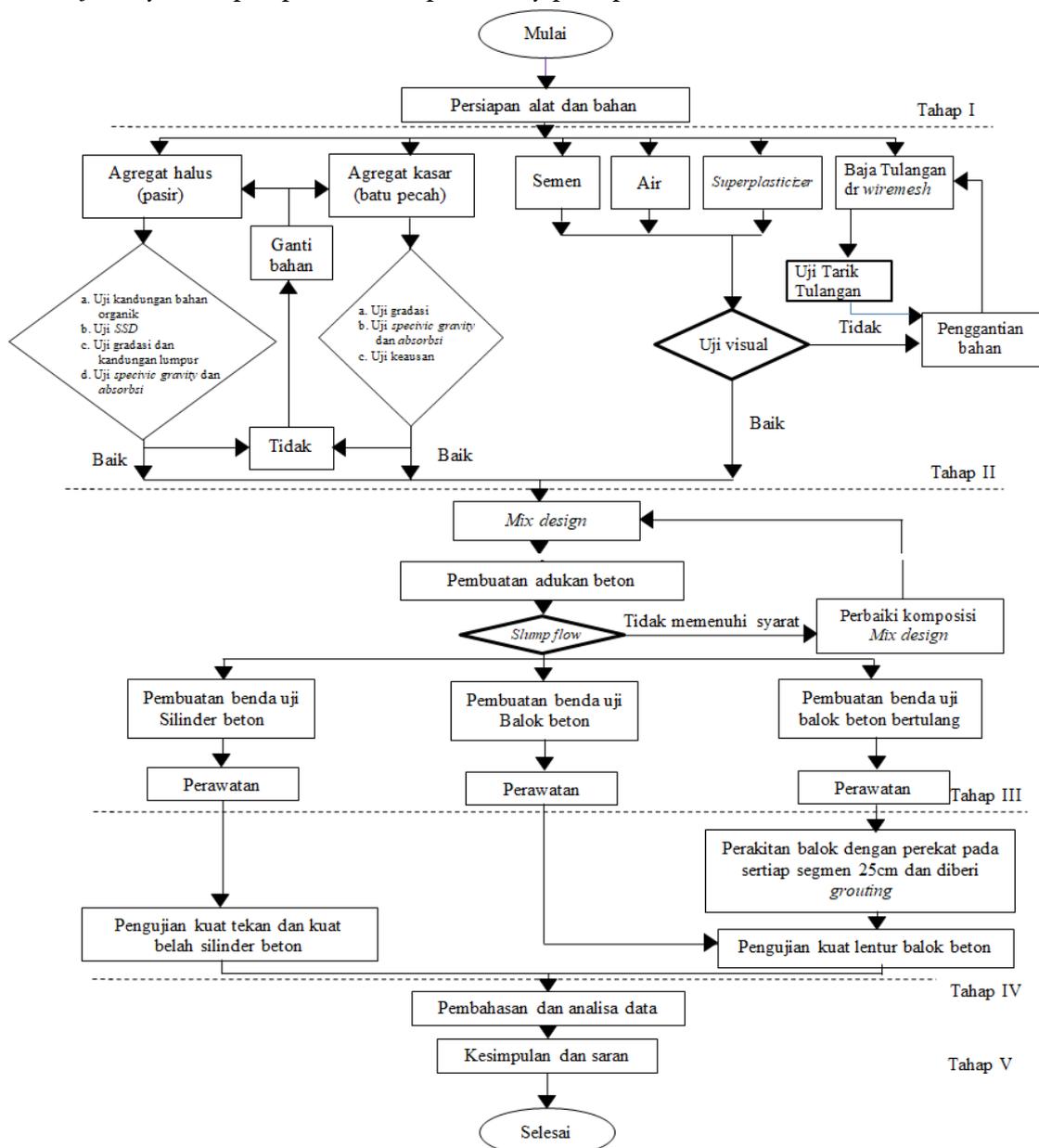
Gambar 2. Benda uji plat utuh dan plat segmen.

Tahapan Penelitian

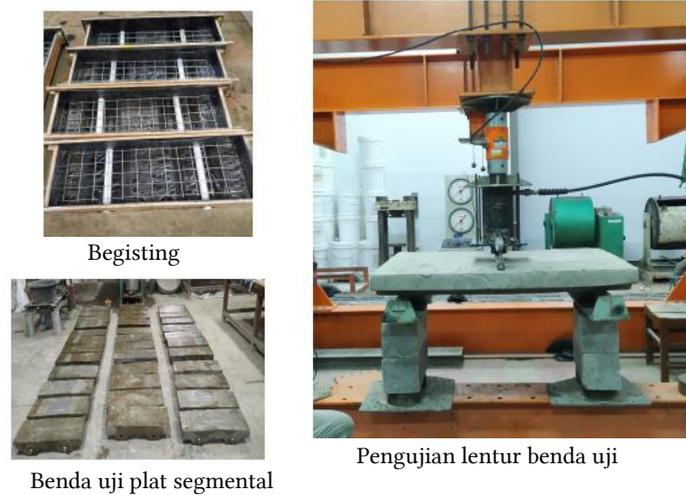
Kegiatan ini meliputi 5 tahap, dimulai dari proses persiapan alat dan penyediaan bahan, pemeriksaan bahan, perencanaan dan pembuatan benda uji serta pengujian benda uji, dengan penjelasan sebagai berikut:

- Tahap I* : Persiapan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.
- Tahap II* : Pengujian terhadap bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan benda uji meliputi: semen, air, agregat halus, agregat kasar, baja tulangan dan *wiremesh*.
- Tahap III* : Meliputi perencanaan adukan beton (menggunakan metode SNI 03-2834-2000), pembuatan adukan beton, pengujian *slump*, pembuatan benda uji (pelat utuh 3 sampel, pelat *precast segmental* 3 sampel) dan perawatan beton (selama 28 hari).
- Tahap IV* : Pada tahap ini dilakukan pengujian benda uji yang sudah berumur 28 hari, baja tulangan dan *wiremesh*. Pengujian yang dilakukan meliputi: pengujian berat jenis beton, pengujian kuat tekan silinder beton, pengujian kuat lentur plat beton dan pengujian kuat tarik baja tulangan dan *wiremesh*.
- Tahap V* : Pada tahap ini dilakukan analisis data yang didapat dari Tahap III dan Tahap IV. Analisis data dilakukan dengan pembahasan dan pengolahan data hasil penelitian. Data dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik serta membandingkan satu dengan yang lainnya. Berdasarkan hasil analisis tersebut, akan didapatkan suatu kesimpulan mengenai penelitian ini.

Untuk lebih jelasnya, tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan alir penelitian



Gambar 4. Dokumentasi penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pendukung

Hasil pengujian pendukung dapat dilihat pada Tabel 1.

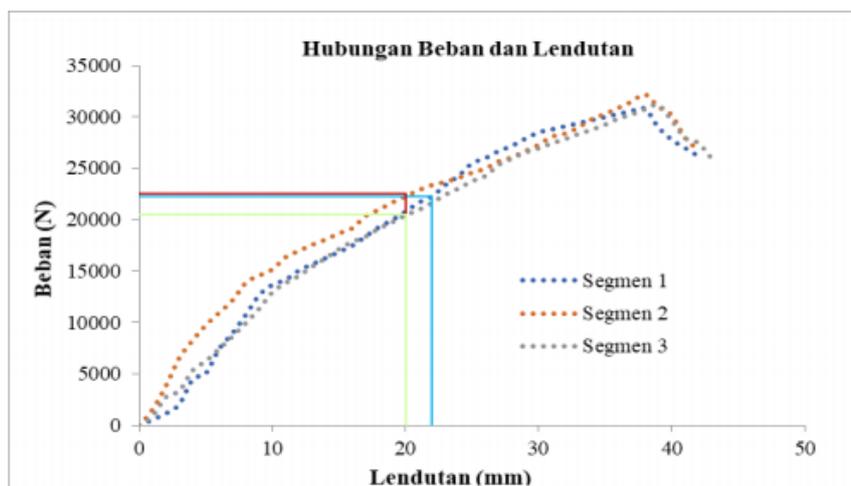
Tabel 1. Hasil pengujian pendukung.

No	Jenis pengujian	Hasil
1	Uji kuat-tarik baja	f_y rata-rata = 433,26 MPa
2	Uji kuat-tarik <i>wiremesh</i>	f_y rata-rata = 363,78 MPa
3	Uji <i>slump flow</i>	Rata-rata = 52
4	Uji berat jenis beton	Rata-rata = 2485 kg/m ³
5	Uji kuat-tekan beton	f_c' rata-rata = 61,74 MPa

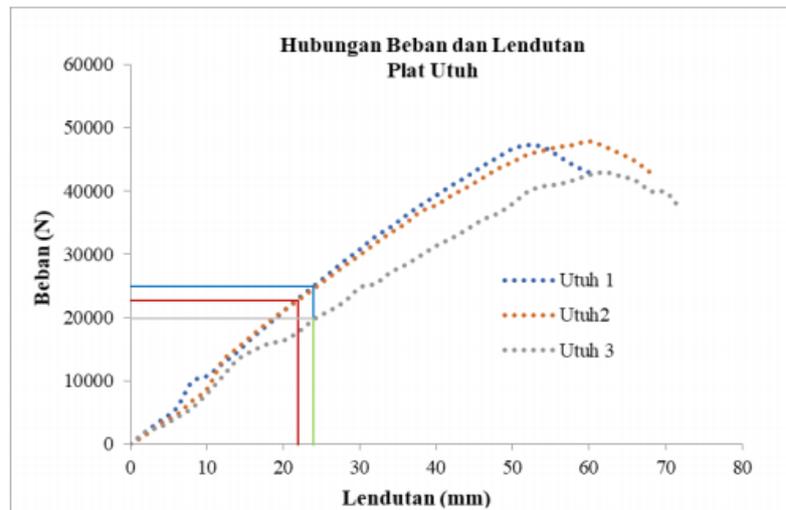
Pengujian Utama/Pengujian Kuat Lentur Pelat Beton *Precast*

Hubungan beban dengan lendutan

Grafik hubungan antara beban dan lendutan pelat beton *precast* segmental dapat dilihat pada Gambar 5, dan pelat beton utuh dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Hubungan antara beban dan lendutan pelat *precast* segmental



Gambar 6. Hubungan antara beban dan lendutan pelat utuh

Analisis kekakuan

Nilai kekakuan pelat beton *precast* segmental dapat dilihat pada Tabel 2, dan pelat beton utuh dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Nilai kekakuan pelat beton *precast* segmental

No	Pretak awal (N)	Lendutan (mm)	Kekakuan (N/mm)	Kekakuan rata-rata (N/mm)
Pelat 1	27900	22	1268	
Pelat 2	28400	20	1420	1369
Pelat 3	28400	20	1420	

Tabel 3. Nilai kekakuan pelat beton utuh

No	Pretak awal (N)	Lendutan (mm)	Kekakuan (N/mm)	Kekakuan rata-rata (N/mm)
Pelat 1	40900	24	1704	
Pelat 2	43500	22	1977	1782
Pelat 3	40000	24	1666	

Dari Tabel 2 dan Tabel 3 di atas terlihat, nilai kekakuan rata rata untuk pelat beton *precast* segmental sebesar 1369 N/mm dan untuk pelat beton utuh sebesar 1782 N/mm. Hasil ini menunjukkan bahwa kinerja kekakuan pelat beton *precast segmental* belum sebaik pelat beton utuh, yaitu sekitar 76,8 % dari pelat beton utuh.

Momen ultimit (eksperimental)

Momen ultimit (eksperimental) pelat *precast* segmental dapat dilihat pada Tabel 4, dan pelat beton utuh dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Nilai momen *ultimit* pelat beton *precast* segmental

No	Pmaksimum (N)	Q (N/mm)	Momen ultimit (Nmm)	Momen ultimit rata-rata (Nmm)
Pelat 1	30800	0,53	7766000	
Pelat 2	32200	0,53	8116000	7916000
Pelat 3	31200	0,53	7866000	

Tabel 5. Nilai momen *ultimit* pelat beton utuh

No	P _{maksimum} (N)	Q (N/mm)	Momen <i>ultimit</i> (Nmm)	Momen <i>ultimit</i> rata-rata (Nmm)
Pelat 1	47300	0,53	11891000	
Pelat 2	47900	0,53	12041000	11582000
Pelat 3	43000	0,53	10816000	

Dari Tabel 4 dan Tabel 5 di atas terlihat, momen *ultimit* rata rata untuk pelat beton *precast* segmental sebesar 7916000 Nmm dan untuk pelat beton utuh sebesar 11582000 Nmm. Hasil ini menunjukkan bahwa kinerja kekakuan pelat beton *precast segmental* belum sebaik pelat beton utuh, yaitu sekitar 68,3 % dari pelat beton utuh.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1). Kekakuan pelat *precast* segmental memiliki nilai rata-rata sebesar 1369 N/mm dan pelat utuh sebesar 1782 N/mm.
- 2). Momen *ultimit* rata-rata pelat beton *precast* segmental sebesar 7916000 N.mm dan pelat beton utuh sebesar 11582000 N.mm.
- 3). Dari kedua parameter di atas terlihat bahwa kinerja pelat *precast* segmental pada penelitian ini belum bisa setara dan sebaik kinerja pelat beton utuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Asoni, A, 2017, Teori dan Desain Balok Plat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013, Muhammadiyah University Press. Surakarta.
- Aziz, 2014, Evaluasi Penggunaan Beton Precast di Proyek Konstruksi, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- BSN, 1989, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, SK SNI S-04-1989-F, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Haryanti, N.. 2019, Tinjauan Kinerja Plat Lantai Beton Precast Bentuk Beralur dari Beton Mutu Tinggi Dengan Perkuatan Baja Tulangan dan Wiremesh, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Pratama, Ogie. 2018, Tinjauan Ekonomis Plat Beton dengan Sistem Precast Menggunakan Perkuatan Kawat Harmonika dengan Penambahan Flyash dan Superplasticizer, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rochman, A. 2008, Buku Ajar Desain Jembatan, Penerbit Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.