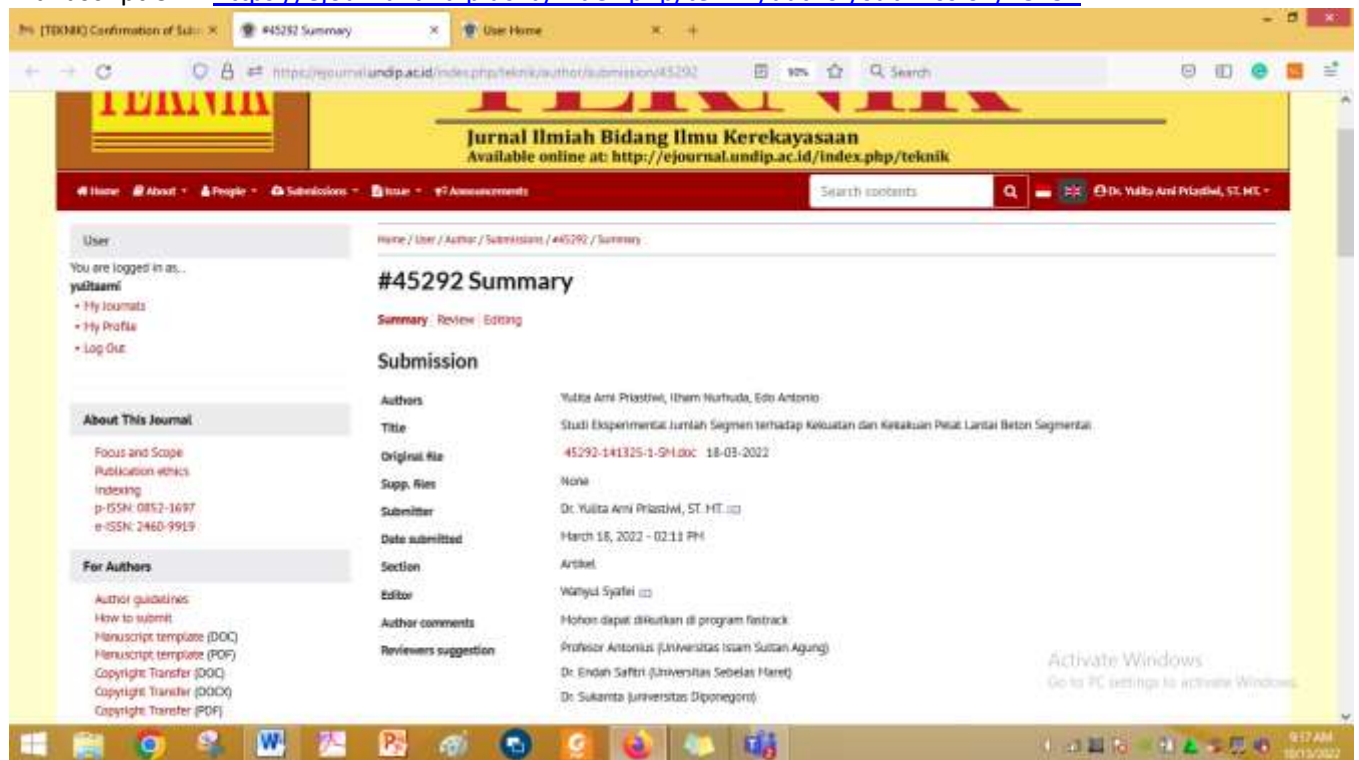
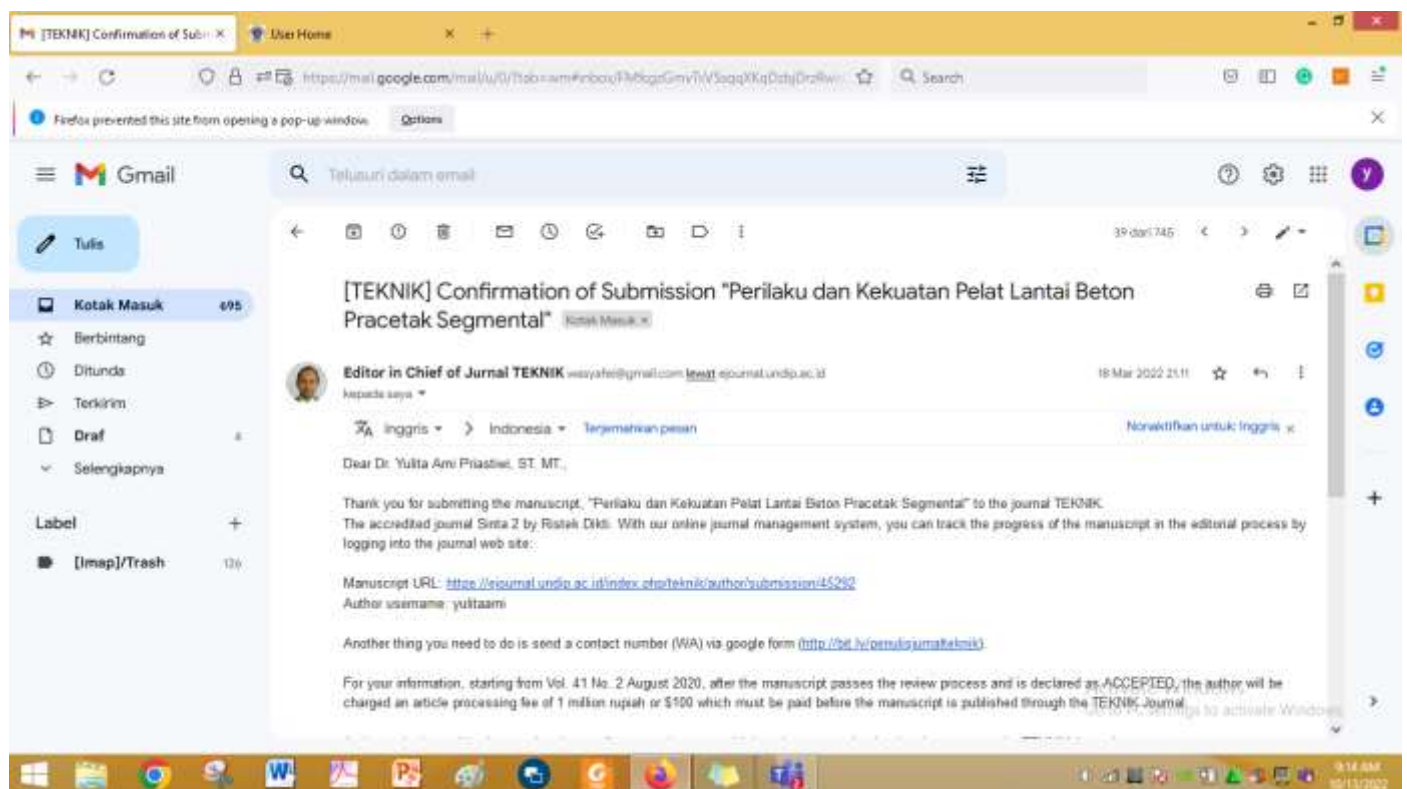


1. Submit paper oleh author 18 Maret 2022

Manuscript URL: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/author/submission/45292>



2. Konfirmasi dari Editor



Perilaku dan Kekuatan Pelat Lantai Beton Pracetak Segmental

Yulita Arni Priastiwi^{1*}, Ilham Nurhuda¹, Edo Antonio²

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

²Magister Teknik Sipil Student, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Segmental concrete merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk konstruksi plat lantai yaitu dengan menyusun beton-beton segmental berukuran kecil sehingga menjadi satu kesatuan struktur beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah segment terhadap perilaku dan kekuatan pelat lantai beton, dan untuk mengetahui kapasitas beban, lendutan maksimum, dan kekakuan dari pelat lantai beton pracetak segmental. Benda uji yang digunakan untuk pengujian pelat lantai beton pracetak segmental menggunakan mutu beton $f'c$ 25 MPa dengan baja tulangan tarik 2-D10 Dimensi panel pelat yang digunakan mempunyai panjang dua meter dan lebar 25 cm. Panel pelat beton segmental yang akan diuji mempunyai 5 variasi yaitu benda uji pelat beton tanpa segment, benda uji satu segmen menggunakan topping beton, benda uji dua segmen, benda uji empat segmen, dan benda uji delapan segmen. Pengujian pelat lantai beton pracetak segmental dilakukan dengan metode pengujian lentur satu arah dengan dua titik pembebanan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kapasitas beban pelat segmental, kekakuan pelat segmental, dan daktilitas pelat segmental menurun karena pengaruh dari jumlah segmen yang bertambah pada pelat lantai beton.

Kata kunci: beton pracetak, beton segmental, pelat lantai beton, pelat beton segmental, pelat lantai pracetak

Abstract

[Title: Strength and Behaviour of Segmental Precast Concrete Slab] *Segmental concrete is a construction method that can be used for slab construction by arranging small-sized segmental concrete blocks into a concrete structure. The objectives of this study are to examine the effect of the size and number of segments on the behavior and strength of the segmental concrete slab, and to study the load capacity, maximum deflection, and the stiffness of the segmental concrete slab. The specimens were varied into 5 conditions, namely monolithical slab without segmental blocks specimens, one segment with concrete topping, two-segment specimens, four-segment specimens, and eight-segment specimens. The experimental tests were carried out using a one-way flexural test method with two points loading. The collected test data were loads, deflection, and the strains of tensile reinforcement bars. The results of this study indicate that the load capacity, the stiffness, and the ductility of the segmental slabs decrease with the increase of segment numbers..*

Keywords: precast concrete, segmental concrete, concrete slab, segmental concrete slab, precast concrete slab

1. Pendahuluan

Pelat lantai beton adalah struktur beton yang berfungsi untuk menopang beban lantai di atasnya.

Pelaksanaan pelat yang masih sering kita jumpai di lapangan yaitu dengan metode konvensional, dimana kita harus menyiapkan perancah (*scaffolding*) terlebih dahulu untuk menopang *shoring formwork* (bekisting pelat) untuk pembuatan pelat lantai. Beberapa langkah tersebut membuat pengerjaan lantai membutuhkan waktu yang relatif lama.

^{*)} Penulis Korespondensi.

E-mail: yulita_tiw@gmail.com

Pada lain pihak, penggunaan beton pracetak pada dunia konstruksi saat ini sedang berkembang. Penggunaan beton pracetak banyak dipakai dalam berbagai macam bangunan, seperti jembatan layang dan gedung. Beberapa keuntungan dari beton pracetak yaitu waktu pengerjaan yang relatif lebih cepat dan bisa dikontrol kualitasnya (Wu et al., 2018). Selain itu penggunaan beton pracetak dapat menghemat biaya pemakaian *scaffolding* dan bekisting.

Segmental concrete merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk konstruksi plat lantai yaitu dengan menyusun beton-beton segmental berukuran kecil sehingga menjadi satu kesatuan struktur. Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait pelat lantai beton pracetak segmental. Hazairin et al. (2013) meneliti tentang pelat lantai *keraton* (keramik-beton) yang berupa pelat segmental yang terbuat dari tanah liat yang diberi rongga-rongga pada penampangnya dengan tujuan untuk mengurangi berat dari segmen tersebut. Pelat segmental keraton mempunyai ukuran yang beragam dengan panjang per-segmen adalah 25 cm. Penampang segmental keraton ditampilkan pada Gambar 1.



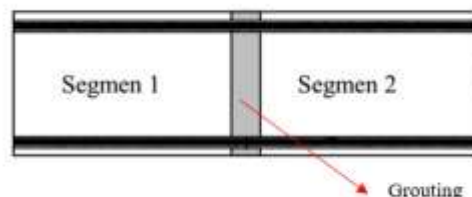
Gambar 1. contoh penampang segmental keraton (Hazairin et al., 2013)

Penelitian Hazairin et al. (2013) menunjukkan bahwa kesatuan elemen segmental menjadi hal penting yang harus diperhatikan agar struktur dapat bekerja dengan baik. Hazairin et al. (2013) merangkai segmental keraton menjadi satu kesatuan pelat seperti yang terlihat pada Gambar 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanpa adanya perkuatan arah transversal maka sambungan antar segmen dapat membuka pada arah transversal yang dapat mengurangi kinerja pelat.



Gambar 2. keraton yang telah dirangkai menjadi pelat (Hazairin et al., 2013)

Kekuatan (kapasitas beban) dan daktilitas adalah hal penting yang perlu diketahui pada struktur beton pracetak segmental. Rudi H., & Eka (2011) meneliti sambungan antar segmen pada balok beton pracetak yang di sambung di bagian tengah balok seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Gambar potongan benda uji beton pracetak (Rudi H., & Eka, 2011)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa balok pracetak segmental yang dibuat secara baik mampu memberikan kekuatan dan daktilitas yang baik, meskipun lebih kecil dari kekuatan dan daktilitas balok beton monolit (Rudi H., & Eka, 2011)

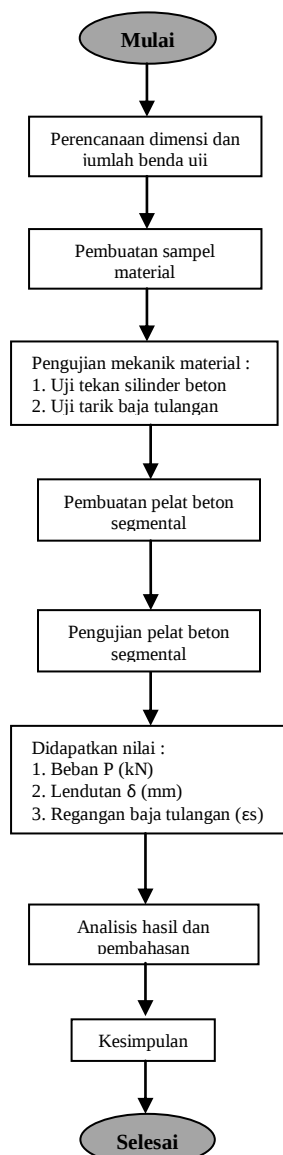
Sejauh ini penelitian sebelumnya telah meneliti pengaruh sambungan transversal pelat pracetak, pengaruh panjang struktur pada perilaku dan kekuatan struktur, serta pengaruh sambungan pada perilaku dan kekuatan struktur beton pracetak segmental. Penelitian mengenai pengaruh jumlah segmen pada perilaku struktur pelat hingga saat ini belum ada dan sangat penting untuk dilakukan seperti dalam penelitian ini.

Penelitian ini berfokus pada 2 hal yaitu struktur segmental menggunakan bahan beton, dan penelitian pengaruh jumlah segmen pada perilaku struktur. Perilaku struktur akan dianalisis dari hubungan beban-deformasi, kekakuan, kekuatan, dan daktilitas dari struktur dengan jumlah segmen yang berbeda.

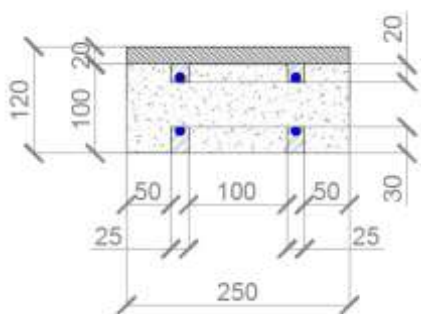
2. Metode Eksperimental

Penelitian pelat lantai beton segmental dilakukan secara eksperimental dengan melakukan pengujian mekanik material terlebih dahulu yaitu uji tekan silinder beton dan uji kuat tarik baja tulangan, setelah memenuhi persyaratan maka beton dan baja tulangan dapat dipakai untuk membuat benda uji pelat beton segmental yang merupakan benda uji utama dalam penelitian ini. Bagan alir penelitian pelat lantai beton pracetak segmental ditunjukkan pada Gambar 4.

Panel beton segmental mempunyai panjang 2 m dengan rangkaian segmen yang mempunyai panjang bervariasi yaitu 25 cm, 50 cm, 100 cm, dan 200 cm, sedangkan untuk penampang panel beton segmental berukuran tebal 120 mm dan lebar 250 mm. Penampang dan dimensi beton segmental ditampilkan pada Gambar 5.

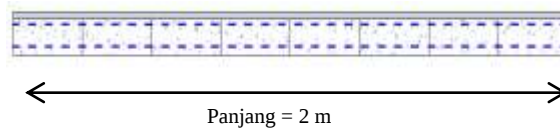


Gambar 4. Bagan alir penelitian



Gambar 5. Penampang & dimensi beton segmental

Pada Gambar 5. ditunjukkan potongan melintang berserta dimensi beton segmental, sedangkan pada Gambar 6. ditampilkan potongan memanjang benda uji beton segmental. Untuk perencanaan jumlah benda uji disajikan pada Tabel 1.



Gambar 6. Potongan memanjang benda uji beton segmental

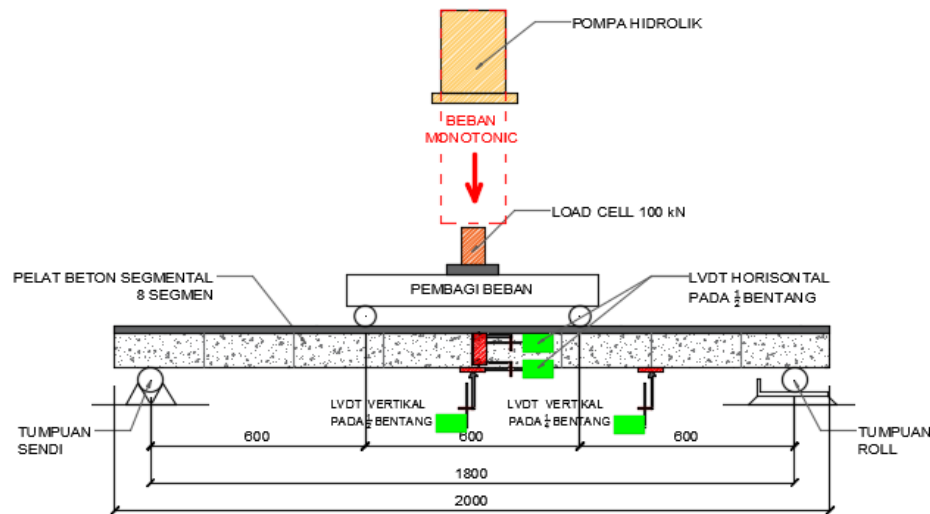
Tabel 1. Perencanaan jumlah benda uji

Variasi Benda uji	Kode Benda uji	Jumlah benda uji
8 Segment	8S	1 sampel
4 Segment	4S	1 sampel
2 Segment	2S	1 sampel
1 Segment	1S	1 sampel
Pelat Pembanding	B	1 Sampel

Pengujian yang dilakukan pada benda uji pelat ini adalah untuk mencari beban leleh (P_y), *displacement* vertikal (δ_v) dan regangan tulangan tarik (ϵ_s) yang terjadi untuk dapat dianalisis mengenai perilaku lentur pelat beton segmental.

Kekuatan lentur suatu pelat dapat diketahui dengan pengujian *three points load* atau *four points load* (Rochman et al., 2021). Pada Gambar 7. ditunjukkan metode pengujian beton segmental dimana pengujian pelat beton segmental dilakukan dengan metode lentur satu arah/monotonik dengan dua titik pembebanan (*four points load*).

Jarak antar tumpuan pada pengujian adalah 1800 mm dengan titik pembebanan pada jarak 600 mm dari tumpuan sendi maupun tumpuan rol. Untuk mengetahui besarnya beban maka digunakan Load Cell kapasitas 100 kN. Lendutan benda uji pada arah vertikal diukur menggunakan LVDT vertikal yang dipasang pada tengah bentang benda uji yang berjarak 900 mm dari tumpuan, dan sebagai pembanding dipasang juga LVDT vertikal pada jarak 450 mm dari tumpuan (seperempat bentang). Semua instrument pengujian dihubungkan dengan data logger sebagai perekam data. Set up pengujian pelat beton segmental ditampilkan pada Gambar 7.

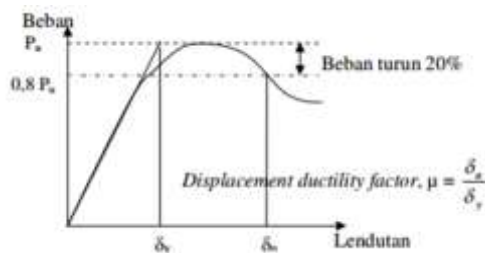


Gambar 7. Metode pengujian pelat beton segmental

3. Metode Analisis

3.1. Hubungan Beban dan Lendutan

Kuat lentur suatu struktur beton tersedia karena berlangsungnya mekanisme tegangan-regangan yang timbul di dalam beton yang pada keadaan tertentu dapat diwakili oleh gaya-gaya dalam (Nawy E.G., 2010). Hubungan pendekatan beban dan lendutan pada beton bertulang sampai melewati beban maksimum untuk struktur beton dapat dibuat seperti terlihat pada Gambar 8. (Paulay & Priestley, 1992)



Gambar 8. Grafik hubungan beban-lendutan pada beton

Dari pembacaan kurva hubungan beban dan lendutan pada Gambar 8. dapat dihitung kekakuan beton bertulang dengan Persamaan 1.

$$k = \frac{P}{\delta} \quad (1)$$

dimana :

k = Kekakuan beton

P = Beban yang terjadi (kN)

δ = Lendutan yang terjadi (mm)

Setelah digambarkan kurva hubungan beban dan lendutan, maka dapat dihitung daktilitas beton bertulang. Daktilitas adalah kemampuan suatu struktur untuk mengalami lendutan yang cukup besar pada saat beban maksimal tercapai sebelum mengalami keruntuhan. (Paulay & Priestley 1992). Besarnya daktilitas maksimum diidentifikasi sebagai *displacement ductility factor* (μ) yang ditunjukkan pada Persamaan 2.

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad (2)$$

dimana :

μ = *displacement ductility factor*

δ_u = lendutan ultimit (mm)

δ_y = lendutan saat leleh (mm)

4. Analisis Hasil dan Pembahasan

Sebelum melakukan pengujian pelat beton segmental dilakukan pengujian mekanik material. Pengujian mekanik material yang dilakukan yaitu pengujian tekan silinder beton. Uji tekan silinder beton dilakukan untuk mengetahui mutu beton yang akan dipakai dalam pengujian (SNI 1974:2011). Hasil uji tekan silinder beton diperoleh kuat tekan silinder rata-rata yaitu 26,31 MPa yang melebihi nilai 25 MPa sebagai batasan penelitian pelat segmental.

Selain melakukan uji tekan silinder beton juga dilakukan pengujian kuat tarik baja tulangan. Pengujian kuat tarik baja tulangan dilakukan untuk mengetahui mutu baja yang digunakan untuk menahan gaya tarik (SNI 2052:2017).

Perencanaan mutu baja yang digunakan yaitu menggunakan mutu baja BJTS 520 dengan rencana tegangan leleh 600 MPa. Hasil pengujian tarik baja tulangan diperoleh tegangan leleh baja (f_y) sebesar = 620,37 MPa dimana nilai tegangan leleh tersebut memenuhi persyaratan batasan penelitian.

Setelah melakukan pengujian mekanik material, maka dapat dilakukan pengujian pelat beton segmental. Peningkatan beban linear akan disertai dengan munculnya daerah asal retak dimana lendutan benda uji juga akan semakin meningkat (Zdanowicz & Marx, 2022). Pada hasil pengujian didapatkan data beban dan lendutan pada $\frac{1}{2}$ bentang dan $\frac{1}{4}$ bentang sehingga dapat dibuat grafik hubungan beban dan lendutan untuk mengetahui perilaku pelat beton segmental. Grafik hubungan beban dan lendutan per varian benda uji ditampilkan pada Gambar 9 sampai dengan Gambar 13.



Gambar 9. Kurva Hubungan Beban dan Lendutan benda uji B



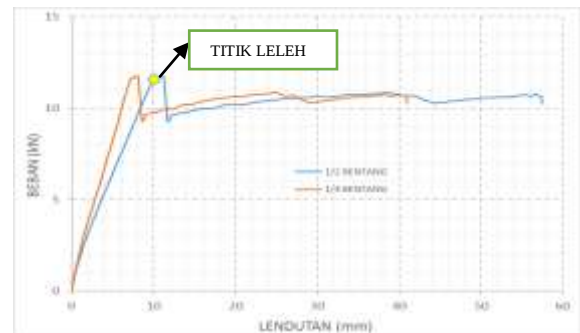
Gambar 10. Kurva Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 1S



Gambar 11. Kurva Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 2S



Gambar 12. Kurva Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 4S



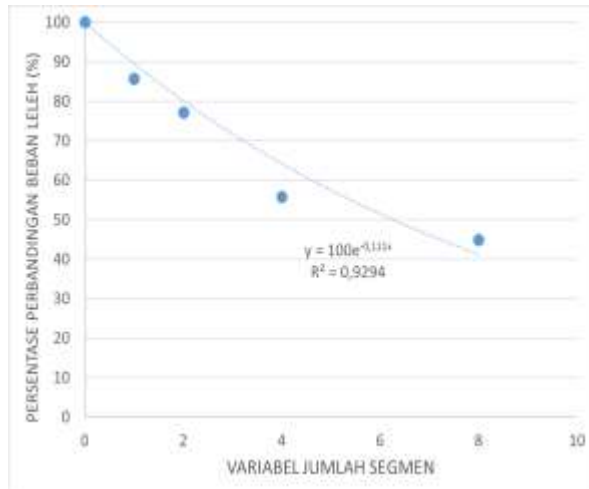
Gambar 13. Kurva Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 8S

Setelah melalui kondisi linear pada kurva maka pelat beton segmental mulai memasuki fase non linear. Fase non linear tersebut ditandai dengan adanya retak pertama dan melendutnya beton beserta tulangan tarik (Al-Fakher et al., 2021). Beban leleh merupakan kondisi dimana tulangan tarik pelat beton segmental telah meleleh dan memasuki fase plastis. (Nawy E.G., 2010). Beban leleh per varian benda uji dicatat dan dibandingkan dengan beban leleh pelat monolit sebagai pembanding. Besar beban leleh P_y tiap benda uji dan persentasenya terhadap pelat pembanding ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase beban leleh

Tipe Pelat	P_y (kN)	Persentase (%)
Pelat pembanding (B)	18,942	100
1 Segment (1S)	17,424	96,5
2 Segment (2S)	16,104	90,9
4 Segment (4S)	14,388	73,8
8 Segment (8S)	11,463	61,5

Dalam Tabel 2. ditunjukkan persentase yang semakin menurun akibat bertambahnya segmen. Untuk menganalisis persentase penurunan kapasitas beban leleh maka dibuat grafik perbandingan antara jumlah segmen dengan persentase beban leleh.



Gambar 14. Grafik persentase penurunan beban leleh

Pada Gambar 14 dapat diketahui bahwa semakin banyak segment maka semakin rendah beban leleh yang dapat diterima, dimana benda uji 8 segment hanya mampu menahan beban leleh sebesar 61,5% ($P_y = 11,5$ kN) jika dibandingkan dengan pelat kondisi utuh yang sebesar 18,9 kN. Penurunan beban leleh pelat segmental dapat dimodelkan dengan Persamaan 3.

$$P_{y_n} = 100 \cdot e^{-0,111 \cdot n} \quad (3)$$

dimana :

P_{y_n} = Beban leleh pada (n) segmen

e = *exponential*

n = jumlah segmen

Hasil dari kapasitas beban yang menurun sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rudi, H., & Eka (2011) dimana kapasitas beban dari beton utuh lebih besar dari kapasitas beban beton *precast* atau beton sambungan. (Rudi, H., & Eka, 2011)

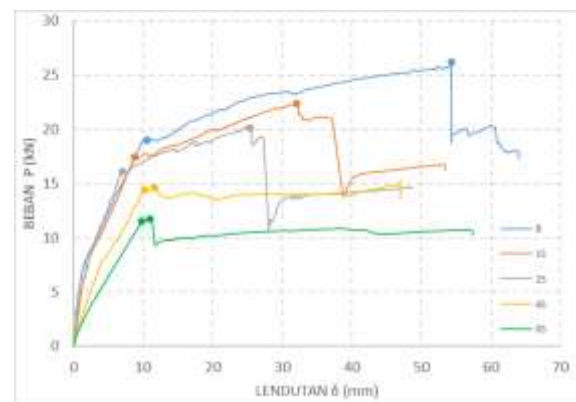
Kekakuan pada pengujian pelat beton segmental dianalisis pada saat kondisi leleh. Setelah didapatkan beban leleh (P_y) dan lendutan leleh (δ_y) maka kekakuan beton segmental pada kondisi leleh dapat dicari. Untuk mencari kekakuan yaitu dengan membagi beban leleh dengan lendutan leleh seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai beban, lendutan, & kekakuan saat kondisi leleh

Tipe pelat	P_y (kN)	δ_y (mm)	K_y (kN/mm)
Pelat pembanding (B)	18,942	10,03	1,889
1 Segment (1S)	17,424	9,56	1,823
2 Segment (2S)	16,104	9,38	1,717
4 Segment (4S)	14,388	10,32	1,394
8 Segment (8S)	11,463	9,87	1,161

Tabel 3 menunjukkan kecenderungan kekakuan pelat yang semakin menurun dengan bertambahnya jumlah segmen, Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak segment maka kekakuan pelat beton segmental akan semakin menurun.

Struktur yang bersifat daktail akan mampu menahan beban yang meningkat secara signifikan tanpa mengalami keruntuhan (Gilbert & Sakka, 2007). Untuk mengetahui lebih detail mengenai perilaku beton segmental maka dibuat perbandingan kurva hubungan beban dan lendutan per varian benda uji. Pada Gambar 15 ditampilkan grafik perbandingan beban dan lendutan tiap varian benda uji.



Gambar 15. Grafik Daktilitas beton segmental

Analisis daktilitas struktur dimulai dari lendutan pada fase leleh sampai dengan lendutan maksimum. Dari Gambar 15 dapat diketahui terdapat rentang yang panjang dari lendutan leleh sampai dengan lendutan maksimum pada pelat pembanding, sedangkan dengan bertambahnya segmen beton maka rentang tersebut semakin pendek.

Daktilitas pada pelat beton segmental (μ = *Displacement ductility factor*) dianalisis dengan membagi besar lendutan pada saat keruntuhan (δ_u) dengan lendutan saat leleh (δ_y). Berikut merupakan perbandingan daktilitas pada masing-masing variasi benda uji seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Daktilitas beton segmental

Tipe pelat	δ_u (mm)	δ_y (mm)	μ (Daktilitas)
Pelat pembanding (B)	54,38	10,03	5,42
1 Segment (1S)	31,89	9,56	3,34
2 Segment (2S)	25,02	9,38	2,67
4 Segment (4S)	11,72	10,32	1,14
8 Segment (8S)	11,25	9,87	1,14

Tabel 4 menunjukkan bahwa jumlah segmen pada pelat beton segmental mempengaruhi daktilitas struktur, dimana semakin banyak segmen maka daktilitas struktur akan semakin menurun.

5. Kesimpulan

Jumlah segmen pelat beton segmental berpengaruh pada beban yang mampu diterima pelat beton, dimana semakin banyak segment maka semakin kecil beban yang mampu diterima. Penurunan beban leleh pelat segmental dapat dimodelkan dengan persamaan ($P_{y_n} = 100 \cdot e^{-0,111n}$) dimana P_{y_n} adalah beban leleh pelat segmental dengan jumlah segmen n segmen.

Jumlah segmen pelat segmental berpengaruh pada kekakuan pelat beton, dimana semakin banyak segment maka semakin kecil kekakuan dari beton segmental.

Jumlah segmen pelat beton segmental berpengaruh pada daktilitas struktur pelat beton, dimana semakin banyak segment maka semakin kecil daktilitas dari struktur beton.

Daftar Pustaka

Al-Fakher, U., Manalo, A., Ferdous, W., Aravinthan, T., Zhu, Y., Bai, Y., & Edo, A. (2021). Bending behaviour of precast concrete slab with externally flanged hollow FRP tubes. *Engineering Structures*, 241(February 2020), 112433. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112433>

Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 1974:2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji silinder.

Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 2052:2017. Baja Tulangan Beton

Gilbert, R. I., & Sakka, Z. I. (2007). Effect of Reinforcement Type on the Ductility of Suspended Reinforced Concrete Slabs. *Journal of Structural Engineering*, 133(6), 834–843. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9445\(2007\)133:6\(834\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9445(2007)133:6(834))

Hazairin, Herbudiman, B., & Abduh, M. (2013). Kajian Perilaku Lentur Pelat Keramik Beton (Keraton). *Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 7(Oktober), 39–45.

Irawan, D., Iranata, D., & Suprobo, P. (2017). Experimental Study of Two Way Half Slab Precast Using Triangular Rigid Connection of Precast Concrete Component. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(5), 744–754.

Liu, J., Hu, H., Li, J., Chen, Y. F., & Zhang, L. (2020). Flexural behavior of prestressed concrete composite slab with precast inverted T-shaped ribbed panels. *Engineering Structures*, 215(December 2019), 110687. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110687>

Nawy, E.G., 2010, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Mendasar* (diterjemahkan oleh Bambang Suryatmono), Eresco, Bandung

Paulay, T., dan Priestley, M.I.N., 1992, *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, John Wiley & Sons Inc, Canada

Rochman, T., Rasidi, N., Purnomo, F., & Author, C. (2021). the Flexural Performance of Lightweight Foamed Precast Concrete Slabs : 20(77), 24–32.

Rudi, H & Eka, SM. (2011). Balok Precast Segmental dengan Sistem Sambungan Boned NonPrestressed. *POLI TEKNOLOGI*, 10(1), 39–47.

Tavio, Purwono, R., & Rosyidah, A. (2009). Perkuatan Balok Beton Bertulang dengan menggunakan CRFP (Carbon Reinforced Fiber Polymer). *dinamika TEKNIK SIPIL*, 9(Januari), 9–18.

Wu, X., Xia, X., Kang, T. H., Han, J., & Kim, C. (2018). Flexural behavior of precast concrete wall-steel shoe composite assemblies with dry connection. *Steel and Composite Structures*, 29(November), 545–555. <https://doi.org/10.12989/scs.2018.29.4.545>

Zdanowicz, K., & Marx, S. (2022). Flexural behaviour of thin textile reinforced concrete slabs enhanced by chemical prestressing. *Engineering Structures*, 256(September 2021), 113946. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.113946>

Kesepakatan Pengalihan Hak Cipta

(Copyright Transfer Agreement)

Yang bertanda tangan di bawah ini, atas nama semua penulis, menyatakan bahwa artikel berikut adalah karya tulis ilmiah penulis dan belum pernah dipublikasikan.

Judul Artikel : Perilaku dan Kekuatan Pelat Lantai Beton Pracetak Segmental

Semua Penulis : 1. Yulita Arni Priastiwi

2. Ilham Nurhuda

3. Edo Antonio

Jika artikel ini diterima untuk dipublikasikan dalam nomor terbitan di Jurnal TEKNIK, maka Penulis dengan ini menyerahkan semua hak cipta (copyright) kepada Jurnal TEKNIK dan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro sebagai penerbit.

Hak cipta meliputi hak eksklusif untuk mereproduksi dan memberikan artikel dalam semua bentuk dan media, termasuk cetak ulang, foto, mikrofilm dan setiap reproduksi lain yang sejenis, serta terjemahan.

Penulis masih mempunyai hak untuk hal-hal berikut:

1. Menggandakan seluruh atau sebagian materi yang dipublikasikan sebagai bahan presentasi lisan dalam berbagai forum dan didistribusikan di lingkungan institusi tempat penulis bekerja.
2. Menggunakan kembali sebagian atau keseluruhan materi sebagai bahan kompilasi bagi karya Ilmiah penulis selanjutnya.

Penulis bertanggung jawab terhadap keseluruhan isi artikel yang dikirimkan dan setuju pengalihan hak cipta ini juga berlaku bagi seluruh salinan yang dibuat dalam kaitan dengan pengiriman artikel ini.

Tanggal : 18 Maret 2022

Nama Penulis : Yulita Arni Priastiwi

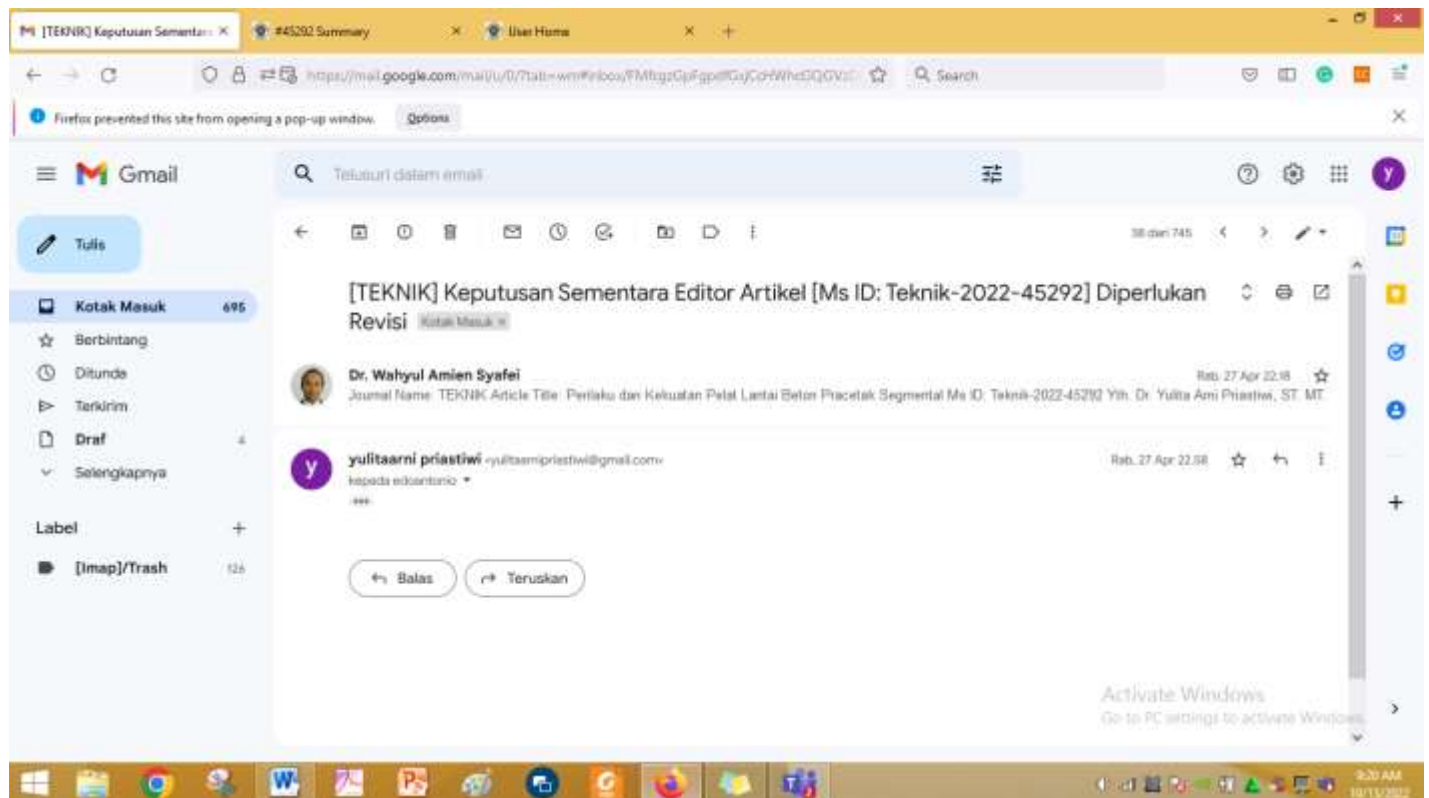
Afiliasi : Universitas Diponegoro

Tanda tangan : 

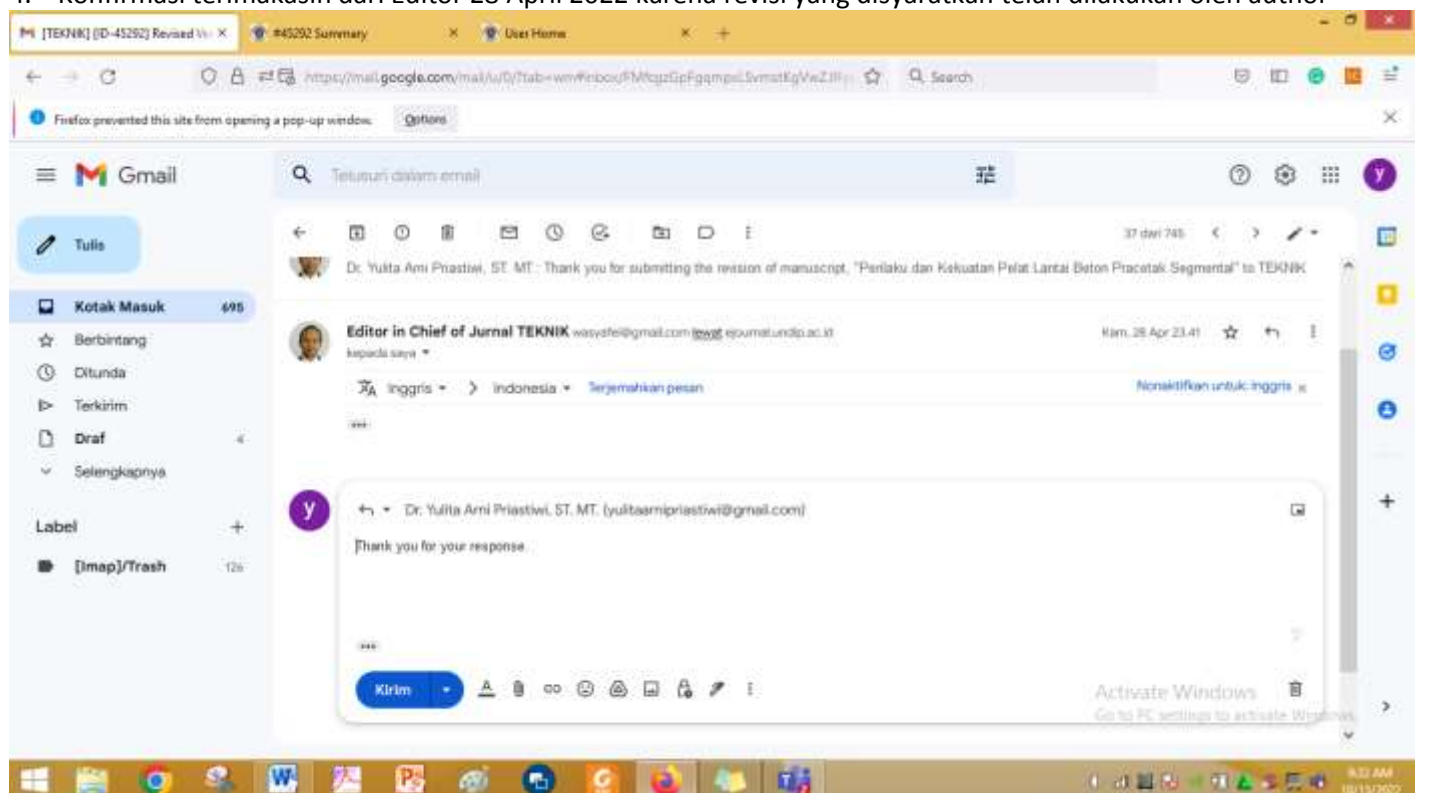
Catatan:

- Kesepakatan tidak berlaku jika artikel tidak diterima untuk dipublikasikan.
- Kirimkan lembar isian yg telah ditandatangani ini dalam format PDF sebagai kelengkapan dokumen (supplementary file) bersama pengiriman artikel final secara daring. Jika mengalami kesulitan, Penulis dapat mengirimkan dokumen ini melalui surel ke: jteknik@live.undip.ac.id

3. Pemberitahuan untuk revisi paper, 27 April 2022



4. Konfirmasi terimakasih dari Editor 28 April 2022 karena revisi yang disyaratkan telah dilakukan oleh author



Review

1. Judul ibu belum memuat Tujuan dan metode. Judul harus memuat tujuan/ kontribusi dan metode penelitian, misal: ANALISA Perilaku Kekuatan Pelat Lantai Beton Pracetak Segmental UNTUK MENINGKATKAN DAYA TAHAN ...

Tanggapan : Judul sudah diperbaiki sesuai yang diminta (tertulis pada halaman pertama)

2. Abstrak harus memuat simpulan singkat yang bersifat saintifik.

Tanggapan : Abstrak sudah ditambahkan simpulan singkat yang bersifat saintifik (tertulis pada halaman pertama, bagian abstrak di baris 11)

3. Pendahuluan: Analisa Gap antara metode yang diusulkan dengan metode lain yang ada saat ini perlu dituliskan dengan jelas. Tujuan penelitian harus dituliskan dengan jelas di paragraf terakhir Pendahuluan. Misal: Penelitian ini bertujuan untuk

Tanggapan : Gap dan tujuan dari penelitian sudah ditambahkan serta dipertegas (tertulis pada halaman kedua, kolom kanan, mulai baris 12 dari atas)

4. Tulisan di Gambar 9, 10, 15 terlalu kecil, silakan ganti atau perbaiki.

Tanggapan : Gambar sudah diperbaiki (terletak pada halaman ke-5 dan ke-6)

5. Antara Judul, Abstrak, dan Kesimpulan harus terpadu.

Tanggapan : Antara judul, abstrak dan kesimpulan sudah dipadukan

6. Kesimpulan dituliskan dalam SATU PARAGRAF.

Tanggapan : Sudah dilakukan kesimpulan dalam satu paragraph (tertulis di halaman ke-7, kolom sebelah kiri)

No	Review	Revisi	Halaman
1	Judul ibu belum memuat Tujuan dan metode. Judul harus memuat tujuan/ kontribusi dan metode penelitian, misal: ANALISA Perilaku Kekuatan Pelat Lantai Beton Pracetak Segmental UNTUK MENINGKATKAN DAYA TAHAN ...	 Tersedia online di: http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik TEKNIK, 39 (1), 2022, App. 1-5 Studi Eksperimental untuk Menyelidiki Pengaruh Jumlah Segmen terhadap Kekuatan dan Kekakuan Pelat Lantai Beton Segmental Yulita Arni Priastiwi^{1*}, Ilham Nurhuda¹, Edo Antonio² Judul telah direvisi yang memuat tujuan dan metode	Hal 1
2	Abstrak harus memuat simpulan singkat yang bersifat saintifik.	<i>Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah segmen terhadap perilaku dan kekuatan pelat lantai beton, ditinjau dari kapasitas beban, lendutan maksimum, dan kekakuan dari pelat lantai beton pracetak segmental. Benda uji yang digunakan untuk pengujian pelat lantai beton pracetak segmental menggunakan mutu beton f'c 25 MPa dengan baja tulangan tarik 2-D.10 Dimensi panel pelat yang digunakan mempunyai panjang dua meter dan lebar 25 cm. Panel pelat beton segmental yang akan diuji mempunyai 5 variasi yaitu benda uji pelat beton tanpa segment, benda uji satu segmen menggunakan topping beton, benda uji dua segmen, benda uji empat segmen, dan benda uji delapan segmen. Pengujian pelat lantai beton pracetak segmental dilakukan dengan metode pengujian lentur satu arah dengan dua titik pembebanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas beban pelat segmental, kekakuan pelat segmental, dan daktilitas pelat segmental menurun pengaruh dari jumlah segmen yang bertambah pada pelat lantai beton. Kesimpulan dari analisis penelitian ini dapat diketahui penurunan persentase beban leleh pelat beton segmental dengan jumlah n-segmen dapat dihitung dengan persamaan $P_{Yn} = 100.e^{-0.063n}$.</i> Kata kunci: beton pracetak, beton segmental, pelat lantai beton, pelat beton segmental, pelat lantai pracetak	Hal 1

		<i>specimens four-segment specimens and eight-segment specimens. The experimental tests were carried out using a one-way flexural test method with two points loading. The conclusion of this research are the load capacity, the stiffness, and the ductility of the segmental slabs decrease with the increase of segment numbers. The reduction of yield load percentage of segmental concrete slab with n number of segment can be estimated using equation $P_{Yn} = 100 \cdot e^{-0,063n}$</i> Keywords: precast concrete, segmental concrete, concrete slab, segmental concrete slab, precast concrete slab 1. Pendahuluan Pelat lantai beton adalah struktur beton yang berfungsi untuk menopang beban lantai di atasnya. Pelaksanaan pelat yang masih sering kita jumpai di lapangan yaitu dengan metode konvensional, dimana kita harus menyiapkan perancah (<i>scaffolding</i>) terlebih dahulu untuk menopang <i>shoring formwork</i> (bekisting pelat) untuk pembuatan pelat lantai. Beberapa langkah *) Penulis Korespondensi. E-mail: yulitaarnipriastiwi@gmail.com Pada abstrak telah ditambahkan kesimpulan singkat yang bersifat saintifik Telah direvisi	
3	Pendahuluan: Analisa Gap antara metode yang diusulkan dengan metode lain yang ada saat ini perlu dituliskan dengan jelas. Tujuan penelitian harus dituliskan dengan jelas di paragraf terakhir Pendahuluan. Misal: Penelitian ini bertujuan untuk	penampangnya dengan tujuan untuk mengurangi berat dari segmen tersebut. Pelat segmental keraton mempunyai ukuran yang seragam dengan panjang per-segment adalah 25 cm. Penampang segmental keraton ditampilkan pada Gambar 1.  Gambar 1. Contoh penampang segmental keraton (Hazairin et al., 2013) Penelitian Hazairin et al. (2013) menunjukkan bahwa kesatuan elemen segmental menjadi hal penting yang harus diperhatikan agar struktur dapat bekerja dengan baik. Hazairin et al. (2013) merangkai segmental keraton menjadi satu kesatuan pelat seperti meskipun lebih kecil dari kekuatan dan daktilitas balok beton monolit (Rudi H. & Eka, 2011). Sejauh ini penelitian sebelumnya telah meneliti pengaruh sambungan transversal pelat pracetak, pengaruh panjang struktur pada perilaku dan kekuatan struktur, serta pengaruh sambungan pada perilaku dan kekuatan struktur beton pracetak segmental. Belum ditemukan studi terkait pengaruh jumlah segmen terhadap perilaku struktur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah segmen pada perilaku pelat lantai beton segmental. Perilaku yang ditinjau adalah kekakuan, kapasitas beban, dan pola keruntuhan struktur. 2. Metode Eksperimental Penelitian pelat lantai beton segmental dilakukan secara eksperimental dengan melakukan pengujian mekanik material terlebih dahulu yaitu uji Pada pendahuluan telah ditambahkan gap dimana penelitian ini bertujuan untuk..... Telah direvisi	Hal 2
4	Tulisan di Gambar 9, 10, 15 terlalu kecil, silakan ganti atau perbaiki.	Semua Gambar hasil pengujian telah diperjelas dan tulisan diperbesar	Hal 5-6

		Telah Direvisi	
5	Antara Judul, Abstrak, dan Kesimpulan harus terpadu.	Judul, Abstrak, dan kesimpulan telah direvisi	Hal 1, dan Hal 7
6	Kesimpulan dituliskan dalam SATU PARAGRAF.	5. Kesimpulan Jumlah segmen pelat beton segmental berpengaruh pada beban yang mampu diterima pelat beton, dimana semakin banyak segmen maka semakin kecil beban yang mampu diterima. Penurunan beban leleh pelat segmental dapat dimodelkan dengan persamaan ($P_{y_n} = 100 \cdot e^{-0,063n}$) dimana P_{y_n} adalah beban leleh pelat segmental dengan jumlah segmen n segmen. Jumlah segmen pelat segmental juga berpengaruh pada kekakuan dan daktilitas pelat beton, dimana semakin banyak segment maka semakin kecil kekakuan dan daktilitas dari struktur beton segmental. Kesimpulan telah dirangkum dalam satu paragraf Telah Direvisi	Hal 7

Studi Eksperimental untuk Menyelidiki Pengaruh Jumlah Segmen terhadap Kekuatan dan Kekakuan Pelat Lantai Beton Segmental

Yulita Arni Priastiwi^{1*}, Ilham Nurhuda¹, Edo Antonio²

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

²Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Segmental concrete merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk konstruksi plat lantai yaitu dengan menyusun beton-beton segmental berukuran kecil sehingga menjadi satu kesatuan struktur beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah segment terhadap perilaku dan kekuatan pelat lantai beton, ditinjau dari kapasitas beban, lendutan maksimum, dan kekakuan dari pelat lantai beton pracetak segmental. Benda uji yang digunakan untuk pengujian pelat lantai beton pracetak segmental menggunakan mutu beton $f'c$ 25 MPa dengan baja tulangan tarik 2-D.10 Dimensi panel pelat yang digunakan mempunyai panjang dua meter dan lebar 25 cm. Panel pelat beton segmental yang akan diuji mempunyai 5 variasi yaitu benda uji pelat beton tanpa segment, benda uji satu segmen menggunakan topping beton, benda uji dua segmen, benda uji empat segmen, dan benda uji delapan segmen. Pengujian pelat lantai beton pracetak segmental dilakukan dengan metode pengujian lentur satu arah dengan dua titik pembebanan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa kapasitas beban pelat segmental, kekakuan pelat segmental, dan daktilitas pelat segmental berbanding terbalik dengan jumlah segmen pelat lantai beton. Penurunan persentase beban leleh pelat beton segmental dengan jumlah n -segmen dapat dihitung dengan persamaan $P_{y_n} = 100.e^{-0,063n}$.

Kata kunci: beton pracetak, beton segmental, pelat lantai beton, pelat beton segmental, pelat lantai pracetak

Abstract

[Title: Experimental Study to Investigate the Effect of Number of Segments on Strength and Stiffness of Segmental Precast Concrete Slab] Segmental concrete is a construction method that can be used for slab construction by arranging small-sized segmental concrete blocks into a concrete structure. The objectives of this study are to examine the effect of the number of segments on the behavior and strength of the segmental concrete slab, in terms of load capacity, maximum deflection, and stiffness of segmental concrete slab. The specimens used concrete grade $f'c$ 25 MPa with tension bar 2-D.10. The dimension of specimen were 2 meter length and 25 cm width. The specimen were varied into 5 conditions, namely monolithical slab without segmental blocks specimens, one segment with concrete topping, two-segment specimens, four-segment specimens, and eight-segment specimens. The experimental tests were carried out using a one-way flexural test method with two points loading. The conclusion of this research are the load capacity, the stiffness, and the ductility of the segmental slabs decrease with the increase of segment numbers. The reduction of yield load percentage of segmental concrete slab with n number of segment can be estimated using equation $P_{y_n} = 100.e^{-0,063n}$.

Keywords: precast concrete, segmental concrete, concrete slab, segmental concrete slab, precast concrete slab

1. Pendahuluan

Pelat lantai beton adalah struktur beton yang

berfungsi untuk menopang beban lantai di atasnya. Pelaksanaan pelat yang masih sering kita jumpai di lapangan yaitu dengan metode konvensional, dimana kita harus menyiapkan perancah (*scaffolding*) terlebih dahulu untuk menopang *shoring formwork* (bekisting pelat) untuk pembuatan pelat lantai. Beberapa langkah

*) Penulis Korespondensi.

E-mail: yulitaarnipriastiwi@gmail.com

tersebut membuat pengerjaan lantai membutuhkan waktu yang relatif lama.

Pada lain pihak, penggunaan beton pracetak pada dunia konstruksi saat ini sedang berkembang. Penggunaan beton pracetak banyak dipakai dalam berbagai macam bangunan, seperti jembatan layang dan gedung. Beberapa keuntungan dari beton pracetak yaitu waktu pengerjaan yang relatif lebih cepat dan bisa dikontrol kualitasnya (Wu et al., 2018).

Segmental concrete merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk konstruksi pelat lantai yaitu dengan menyusun beton-beton segmental berukuran kecil sehingga menjadi satu kesatuan struktur.

Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait pelat lantai beton pracetak segmental. Hazairin et al. (2013) meneliti tentang pelat lantai keraton (keramik-beton) yang berupa pelat segmental yang terbuat dari tanah liat yang diberi rongga-rongga pada penampangnya dengan tujuan untuk mengurangi berat dari segmen tersebut. Pelat segmental keraton mempunyai ukuran yang seragam dengan panjang per-segmen adalah 25 cm. Penampang segmental keraton ditampilkan pada Gambar 1.



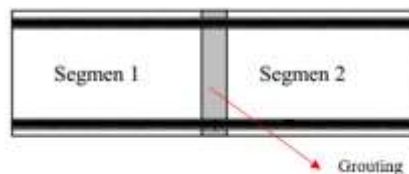
Gambar 1. Contoh penampang segmental keraton (Hazairin et al., 2013)

Penelitian Hazairin et al. (2013) menunjukkan bahwa kesatuan elemen segmental menjadi hal penting yang harus diperhatikan agar struktur dapat bekerja dengan baik. Hazairin et al. (2013) merangkai segmental keraton menjadi satu kesatuan pelat seperti yang terlihat pada Gambar 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanpa adanya perkuatan arah transversal maka sambungan antar segmen dapat membuka pada arah transversal yang dapat mengurangi kinerja pelat.



Gambar 2. keraton yang telah dirangkai menjadi pelat (Hazairin et al., 2013)

Kekuatan (kapasitas beban) dan daktilitas adalah hal penting yang perlu diketahui pada struktur beton pracetak segmental. Rudi H., & Eka (2011) meneliti sambungan antar segmen pada balok beton pracetak yang di sambung di bagian tengah balok seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Gambar potongan benda uji beton pracetak (Rudi H., & Eka, 2011)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa balok pracetak segmental yang dibuat secara baik mampu memberikan kekuatan dan daktilitas yang baik, meskipun lebih kecil dari kekuatan dan daktilitas balok beton monolit (Rudi H., & Eka, 2011)

Sejauh ini penelitian sebelumnya telah meneliti pengaruh sambungan transversal pelat pracetak, pengaruh panjang struktur pada perilaku dan kekuatan struktur, serta pengaruh sambungan pada perilaku dan kekuatan struktur beton pracetak segmental. Belum ditemukan studi terkait pengaruh jumlah segmen terhadap perilaku struktur.

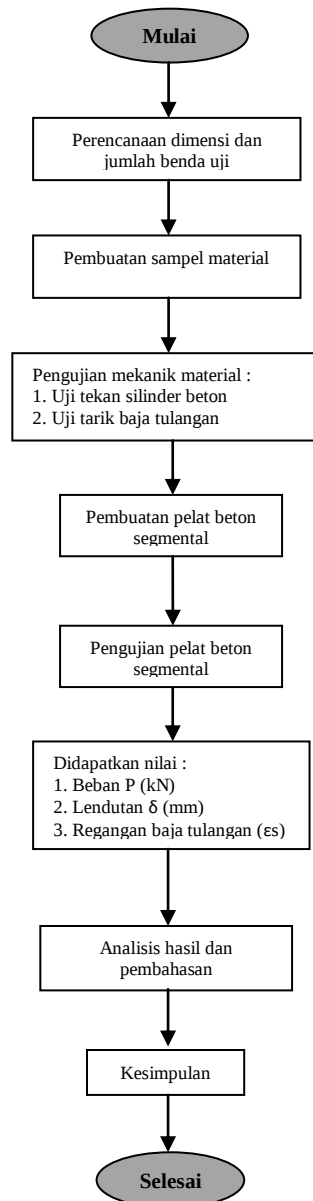
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah segmen pada perilaku pelat lantai beton segmental. Perilaku yang ditinjau adalah kekakuan, kapasitas beban, dan pola keruntuhan struktur.

2. Metode Eksperimental

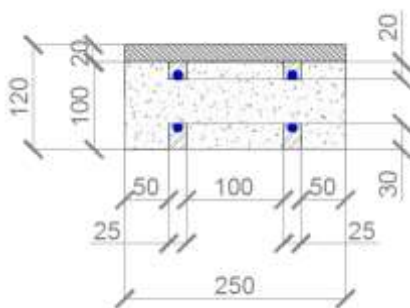
Penelitian pelat lantai beton segmental dilakukan secara eksperimental dengan melakukan pengujian mekanik material terlebih dahulu yaitu uji tekan silinder beton dan uji kuat tarik baja tulangan, setelah memenuhi persyaratan maka beton dan baja tulangan dapat dipakai untuk membuat benda uji pelat beton segmental yang merupakan benda uji utama dalam penelitian ini.

Panel beton segmental mempunyai panjang 2m dengan rangkaian segmen yang mempunyai panjang bervariasi yaitu 250 mm, 500 mm, 1000 mm, dan 2000 mm, sedangkan untuk penampang panel beton segmental berukuran tebal 120 mm dan lebar 250 mm.

Bagan alir penelitian pelat lantai beton pracetak segmental ditunjukkan pada Gambar 4, sedangkan penampang dan dimensi beton segmental ditampilkan pada Gambar 5.

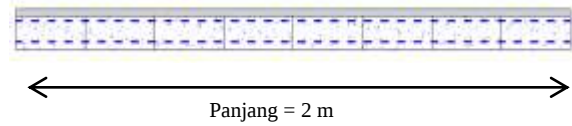


Gambar 4. Bagan alir penelitian



Gambar 5. Penampang & dimensi beton segmental

Pada Gambar 5. ditunjukkan potongan melintang beserta dimensi beton segmental, sedangkan pada Gambar 6. ditampilkan potongan memanjang benda uji beton segmental. Untuk perencanaan jumlah benda uji disajikan pada Tabel 1.



Gambar 6. Potongan memanjang benda uji beton segmental

Tabel 1. Perencanaan jumlah benda uji

Variasi Benda uji	Kode Benda uji	Jumlah benda uji
8 Segment	8S	1 sampel
4 Segment	4S	1 sampel
2 Segment	2S	1 sampel
1 Segment	1S	1 sampel
Pelat Pembanding	B	1 Sampel

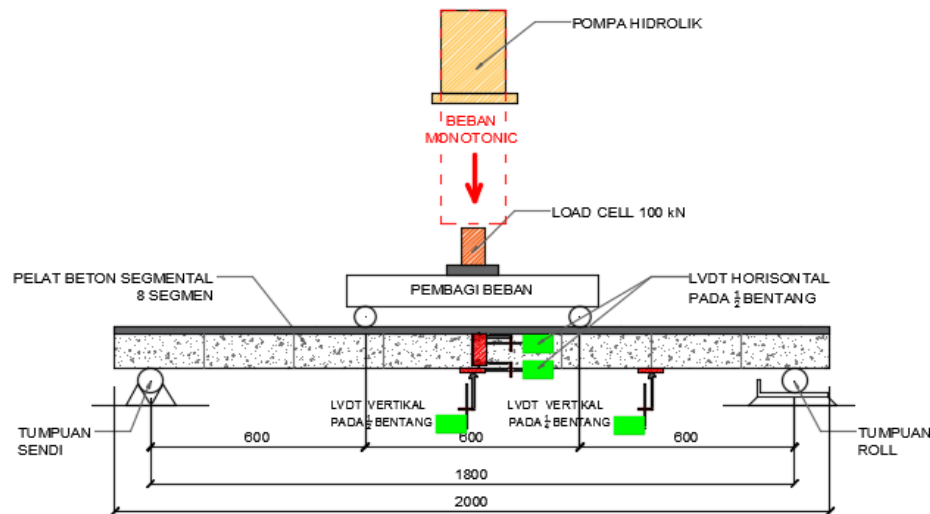
Kekuatan lentur suatu pelat dapat diketahui dengan pengujian *three points load* atau *four points load* (Rochman et al., 2021). Pada Gambar 7. ditunjukkan metode pengujian beton segmental dimana pengujian pelat beton segmental dilakukan dengan metode lentur satu arah dengan dua titik pembebanan (*four points load*).

Jarak antar tumpuan pada pengujian adalah 1800 mm dengan titik pembebanan pada jarak 600 mm dari tumpuan, seperti terlihat pada Gambar 7. Untuk mengetahui besarnya beban maka digunakan Load Cell kapasitas 100 kN. Lendutan benda uji pada arah vertikal diukur menggunakan LVDT vertikal yang dipasang pada tengah bentang benda uji yang berjarak 900 mm dari tumpuan, dan sebagai pembanding dipasang juga LVDT vertikal pada jarak 450 mm dari tumpuan (seperempat bentang). Set up pengujian pelat beton segmental ditampilkan pada Gambar 7.

3. Metode Analisis

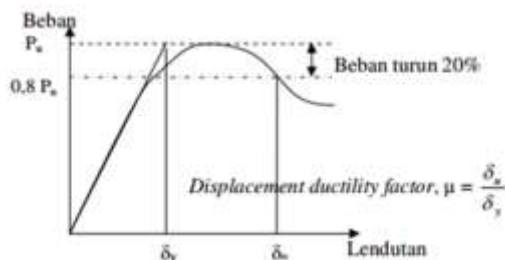
3.1. Hubungan Beban dan Lendutan

Kuat lentur suatu struktur beton tersedia karena berlangsungnya mekanisme tegangan regangan dalam yang timbul di dalam beton yang pada keadaan tertentu dapat diwakili oleh gaya-gaya dalam



Gambar 7. Metode pengujian pelat beton segmental

(Nawy E.G, 2010). Hubungan pendekatan beban dan lendutan pada beton bertulang sampai melewati beban maksimum untuk struktur beton dapat dibuat seperti terlihat pada Gambar 8. (Paulay & Pristley, 1992)



Gambar 8. Grafik hubungan beban-lendutan pada beton

Dari pembacaan kurva hubungan beban dan lendutan pada Gambar 8, dapat dihitung kekakuan beton bertulang dengan Persamaan 1.

$$k = \frac{P}{\delta} \quad (1)$$

dimana :

k = Kekakuan beton

P = Beban yang terjadi (kN)

δ = Lendutan yang terjadi (mm)

Setelah digambarkan kurva hubungan beban dan lendutan, maka dapat dihitung daktilitas beton bertulang. Daktilitas adalah kemampuan suatu struktur untuk mengalami lendutan yang cukup besar pada saat beban maksimal tercapai sebelum mengalami keruntuhan. (Paulay & Pristley, 1992).

Besarnya daktilitas maksimum diidentifikasi sebagai *displacement ductility factor* (μ) yang ditunjukkan pada Persamaan 2.

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad (2)$$

dimana :

μ = *displacement ductility factor*

δ_u = lendutan ultimit (mm)

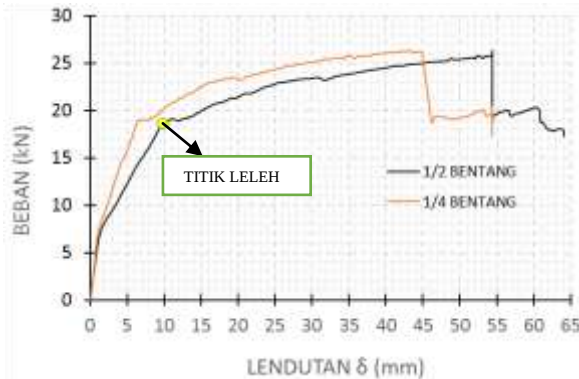
δ_y = lendutan saat leleh (mm)

4. Analisis Hasil dan Pembahasan

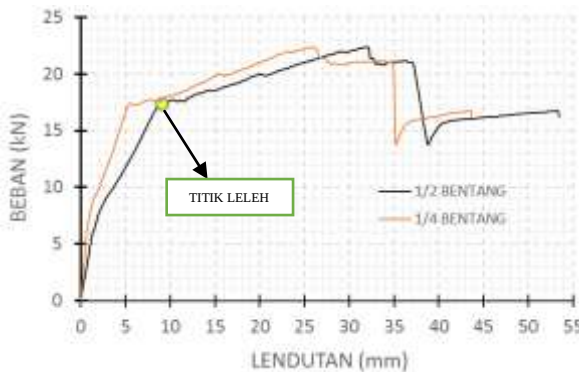
Sebelum melakukan pengujian pelat beton segmental dilakukan pengujian mekanik material. Pengujian mekanik material yang dilakukan yaitu pengujian tekan silinder beton. Uji tekan silinder beton dilakukan untuk mengetahui mutu beton yang akan dipakai dalam pengujian (SNI 1974:2011). Hasil uji tekan silinder beton diperoleh kuat tekan silinder rata-rata yaitu 26,31 MPa yang melebihi nilai 25 MPa sebagai batasan penelitian pelat segmental.

Selain melakukan uji tekan silinder beton juga dilakukan pengujian kuat tarik baja tulangan. pengujian kuat tarik baja tulangan dilakukan untuk mengetahui mutu baja yang digunakan untuk menahan gaya tarik (SNI 2052:2017). Perencanaan mutu baja yang digunakan yaitu menggunakan mutu baja BJTS 520 dengan rencana tegangan leleh baja 600 MPa. Hasil pengujian tarik baja tulangan diperoleh tegangan leleh baja (f_y) sebesar = 620,37 MPa dimana nilai tegangan leleh tersebut memenuhi persyaratan batasan penelitian.

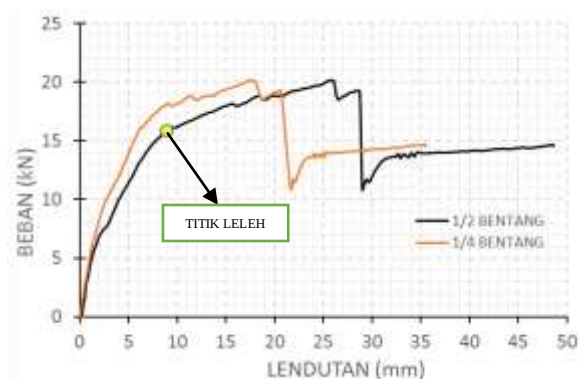
Setelah melakukan pengujian mekanik material, maka dapat dilakukan pengujian pelat beton segmental. Pada hasil pengujian didapatkan data beban dan lendutan pada $\frac{1}{2}$ bentang dan $\frac{1}{4}$ bentang sehingga dapat dibuat grafik hubungan beban dan lendutan untuk mengetahui perilaku pelat beton segmental. Grafik hubungan beban dan lendutan per varian benda uji ditampilkan pada Gambar 9 sampai dengan Gambar 13.



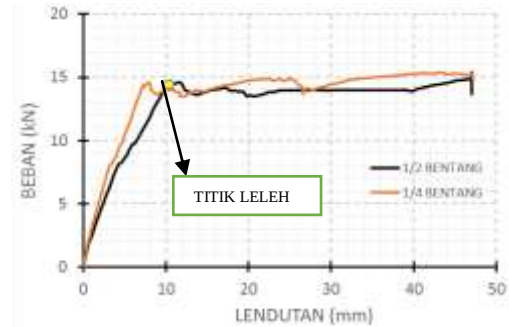
Gambar 9. Penggambaran Kurva Hubungan Beban dan Lendutan benda uji B



Gambar 10. Penggambaran Kurva Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 1S



Gambar 11. Penggambaran Kurva Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 2S



Gambar 12. Penggambaran Kurva Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 4S



Gambar 13. Penggambaran Kurva Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 8S

Peningkatan beban linear akan disertai dengan munculnya daerah asal retak dimana lendutan benda uji juga akan semakin meningkat (Zdanowicz & Marx, 2022). Setelah melalui kondisi linear pada kurva maka pelat beton segmental mulai memasuki fase non linear. Fase non linear tersebut ditandai dengan adanya retak pertama dan melendutnya beton beserta tulangan tarik (Al-Fakher et al., 2021).

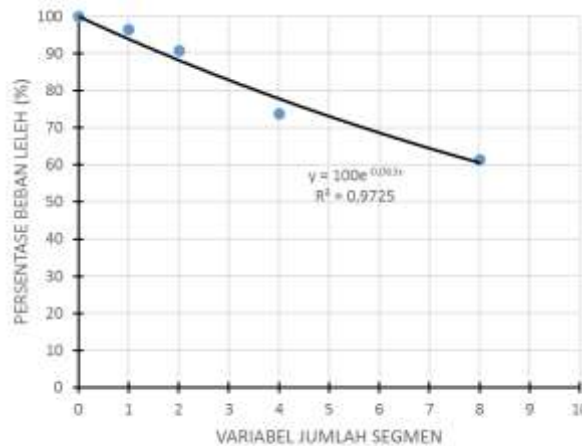
Beban leleh merupakan kondisi dimana tulangan tarik pelat beton segmental telah meleleh dan memasuki fase plastis. (Nawy E.G, 2010). Beban leleh per varian benda uji dicatat dan dibandingkan dengan beban leleh pelat monolit sebagai pembandingan. Besar beban leleh P_y tiap benda uji dan persentasenya terhadap pelat pembandingan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase Beban Leleh

Tipe Pelat	P_y (kN)	Persentase (%)
Pelat pembandingan (B)	18,942	100
1 Segment (1S)	17,424	96,5
2 Segment (2S)	16,104	90,9
4 Segment (4S)	14,388	73,8
8 Segment (8S)	11,463	61,5

Tabel 2. menunjukkan persentase yang semakin menurun akibat bertambahnya segmen. Hasil dari kapasitas beban yang menurun sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rudi, H., & Eka (2011) dimana kapasitas beban dari beton utuh lebih besar dari kapasitas beban beton *precast* atau beton sambungan. (Rudi, H., & Eka, 2011).

Untuk menganalisis persentase penurunan kapasitas beban leleh maka dibuat grafik perbandingan antara jumlah segmen dengan persentase beban leleh. Pada Grafik 14 dapat diketahui semakin banyak segment maka semakin rendah beban leleh yang dapat diterima dimana benda uji 8 segment hanya mampu menahan beban leleh sebesar 61,5% jika dibandingkan dengan pelat kondisi utuh.



Gambar 14. Grafik persentase penurunan beban leleh

Berdasarkan grafik pada Gambar 14 penurunan beban leleh pelat segmental dapat dimodelkan dengan Persamaan 3.

$$P_{y_n} = 100 \cdot e^{-0,063 \cdot n} \quad (3)$$

dimana :

P_{y_n} = Beban leleh pada (n) segmen

e = *exponential*

n = jumlah segmen

Kekakuan pada pengujian pelat beton segmental dianalisa pada saat kondisi leleh. Setelah didapatkan beban leleh (P_y) dan lendutan leleh (δ_y) maka kekakuan beton segmental pada kondisi leleh dapat dicari. Untuk mencari kekakuan yaitu dengan membagi beban leleh dengan lendutan leleh seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

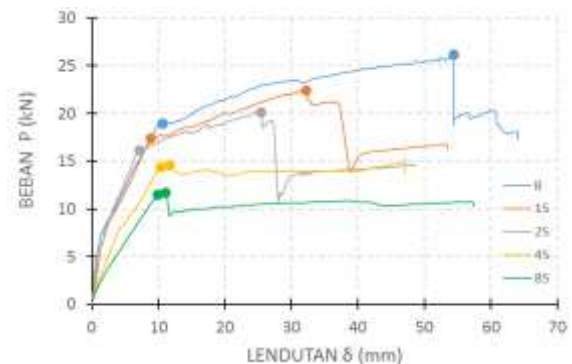
Tabel 3 menunjukkan kecenderungan kekakuan pelat yang semakin menurun dengan bertambahnya jumlah segmen, Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak segment maka kekakuan pelat beton

Tabel 3. Nilai beban, lendutan, & kekakuan saat kondisi leleh

Tipe pelat	P_y (kN)	δ_y (mm)	K_y (kN/mm)
Pelat pembanding (B)	18,942	10,03	1,889
1 Segment (1S)	17,424	9,56	1,823
2 Segment (2S)	16,104	9,38	1,717
4 Segment (4S)	14,388	10,32	1,394
8 Segment (8S)	11,463	9,87	1,161

segmental akan semakin menurun.

Struktur yang bersifat daktail akan mampu menahan beban yang meningkat secara signifikan tanpa mengalami keruntuhan (Gilbert & Sakka, 2007). Untuk mengetahui lebih detail mengenai perilaku beton segmental maka dibuat perbandingan kurva hubungan beban dan lendutan per varian benda uji. Pada Gambar 15 ditampilkan grafik perbandingan beban dan lendutan tiap varian benda uji.



Gambar 15. Grafik Daktilitas beton segmental

Analisis daktilitas struktur dimulai dari lendutan pada fase leleh sampai dengan lendutan maksimum. Dari Gambar 15 dapat diketahui terdapat rentang yang panjang dari lendutan leleh sampai dengan lendutan maksimum pada pelat pembanding, sedangkan dengan bertambahnya segmen beton maka rentang tersebut semakin pendek.

Daktilitas pada pelat beton segmental (μ = *Displacement ductility factor*) dianalisis dengan membagi besar lendutan pada saat keruntuhan (δ_u) dengan lendutan saat leleh (δ_y). Berikut merupakan perbandingan daktilitas pada masing-masing variasi benda uji seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Daktilitas beton segmental

Tipe pelat	δ_u (mm)	δ_y (mm)	μ (Daktilitas)
Pelat pembanding (B)	54,38	10,03	5,42
1 Segment (1S)	31,89	9,56	3,34
2 Segment (2S)	25,02	9,38	2,67
4 Segment (4S)	11,72	10,32	1,14
8 Segment (8S)	11,25	9,87	1,14

Tabel 4 menunjukkan bahwa jumlah segmen pada pelat beton segmental mempengaruhi daktilitas struktur, dimana semakin banyak segmen maka daktilitas struktur akan semakin menurun.

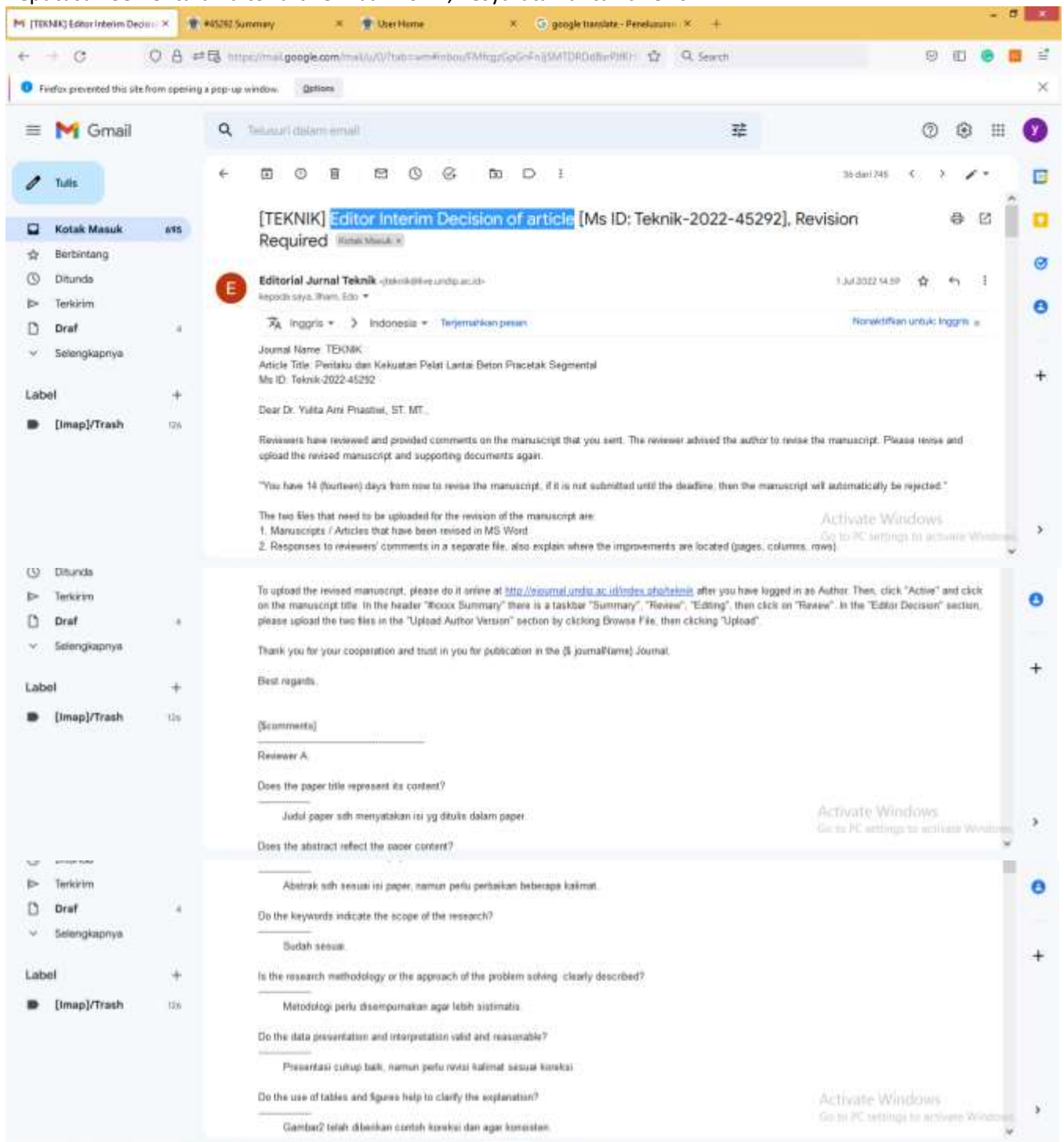
5. Kesimpulan

Jumlah segmen pelat beton segmental berpengaruh pada beban yang mampu diterima pelat beton, dimana semakin banyak segmen maka semakin kecil beban yang mampu diterima. Penurunan beban leleh pelat segmental dapat dimodelkan dengan persamaan ($P_{y_n} = 100 \cdot e^{-0,063n}$) dimana P_{y_n} adalah beban leleh pelat segmental dengan jumlah segmen n segmen. Jumlah segmen pelat segmental juga berpengaruh pada kekakuan dan daktilitas pelat beton, dimana semakin banyak segment maka semakin kecil kekakuan dan daktilitas dari struktur beton segmental.

6. Daftar Pustaka

- Al-Fakher, U., Manalo, A., Ferdous, W., Aravinthan, T., Zhuge, Y., Bai, Y., & Edo, A. (2021). Bending behaviour of precast concrete slab with externally flanged hollow FRP tubes. *Engineering Structures*, 241(February 2020), 112433. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112433>
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 1974:2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji silinder.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton
- Gilbert, R. I., & Sakka, Z. I. (2007). Effect of Reinforcement Type on the Ductility of Suspended Reinforced Concrete Slabs. *Journal of Structural Engineering*, 133(6), 834–843. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9445\(2007\)133:6\(834\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9445(2007)133:6(834))
- Hazairin, Herbudiman, B., & Abduh, M. (2013). Kajian Perilaku Lentur Pelat Keramik Beton (Keraton). *Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 7(Oktober), 39–45.
- Irawan, D., Iranata, D., & Suprobo, P. (2017). Experimental Study of Two Way Half Slab Precast Using Triangular Rigid Connection of Precast Concrete Component. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(5), 744–754.
- Liu, J., Hu, H., Li, J., Chen, Y. F., & Zhang, L. (2020). Flexural behavior of prestressed concrete composite slab with precast inverted T-shaped ribbed panels. *Engineering Structures*, 215(December 2019), 110687. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110687>
- Nawy, E.G., 1990, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Mendasar* (diterjemahkan oleh Bambang Suryatmono), Eresco, Bandung
- Paulay, T., dan Priestley, M.I.N., 1992, *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, John Wiley & Sons Inc, Canada
- Rochman, T., Rasidi, N., Purnomo, F., & Author, C. (2021). *the Flexural Performance of Lightweight Foamed Precast Concrete Slabs*: 20(77), 24–32.
- Rudi, H & Eka, SM. (2011). Balok Precast Segmental dengan Sistem Sambungan Bored Non Prestressed. *POLI TEKNOLOGI*, 10(1), 39–47.
- Tavio, Purwono, R., & Rosyidah, A. (2009). Perkuatan Balok Beton Bertulang dengan menggunakan CRFP (Carbon Reinforced Fiber Polymer). *dinamika TEKNIK SIPIL*, 9(Januari), 9–18.
- Wu, X., Xia, X., Kang, T. H., Han, J., & Kim, C. (2018). Flexural behavior of precast concrete wall-steel shoe composite assemblies with dry connection. *Steel and Composite Structures*, 29(November), 545–555. <https://doi.org/10.12989/scs.2018.29.4.545>
- Zdanowicz, K., & Marx, S. (2022). Flexural behaviour of thin textile reinforced concrete slabs enhanced by chemical prestressing. *Engineering Structures*, 256(September 2021), 113946. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.113946>

5. Keputusan Sementara Editor artikel 1 Juli 2022 , Pesyaratan untuk direvisi



Browser tabs: [TEKNIK Editor Inbim Decisi] x, #45292 Summary x, User Home x, google translate - Penduluan x, +

Address bar: <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=wm#inbox/FMfMguzpGrFnASMTDRGdBePjNH>

Search:

Left sidebar (Gmail):

- Tulis
- Kotak Masuk 695
 - Berbintang
 - Ditunda
 - Terkirim
 - Draf 4
 - Selengkapnya
- Label +
- [imap]/Trash 126

Right sidebar (Gmail):

- 36 dari 745
- Icons for various actions and settings

Forwarded message content:

Presentasi cukup baik, namun perlu revisi kalimat sesuai koreksi

Do the use of tables and figures help to clarify the explanation?

Gambar2 telah diberikan contoh koreksi dan agar konsisten

Have the discussion and/or analysis been relevant with the results of the study?

Releva

Are the references used relevant? Is it sufficient?

Cukup, namun alangkah lebih baik apabila ditambah dg jumlah terkait dg isi paper.

Contribution to science

Cukup

Originalty

Baik.

Systematic

Minor revision

Language

Bahasa agar di cek lg agar sesuai standar, jelas dan mudah dipahami setiap orang

Writing accuracy

Cukup

Reviewer's decision

Isi paper bagus, minor revision. Prinsip dapat diterima.

Comment about the paper

Isi paper bagus, namun dalam penyampaian, pemilihan kata dan kalimat perlu diperbaiki.

Editor in Chief
Jurnal TEKNIK

Website:
<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>
<http://teknik.undip.ac.id>
Online Submission: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>
Email: teknik@fpe.undip.ac.id

Forwarded message

Dari: Editorial Jurnal Teknik <teknik@fpe.undip.ac.id>
Date: Jun, 1 Jul 2022 pukul 14:53

Kirim

Studi Eksperimental Jumlah Segmen terhadap Kekuatan dan Kekakuan Pelat Lantai Beton Segmental

Yulita Arni Priastiwi*, Ilham Nurhuda, Edo Antonio

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Beton segmental merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk konstruksi plat lantai yaitu dengan menyusun beberapa segmen beton berukuran kecil sehingga menjadi satu kesatuan struktur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah segment terhadap perilaku dan kekuatan pelat lantai beton, ditinjau dari kapasitas beban, lendutan maksimum, dan kekakuan dari pelat lantai beton pracetak segmental. Benda uji yang digunakan untuk pengujian pelat lantai beton pracetak segmental menggunakan beton dengan kuat tekan (f'_c) 25 Mpa, dan baja tulangan tarik 2-D10. Dimensi panel pelat yang digunakan mempunyai panjang dua meter dan lebar 25 cm. Panel pelat beton segmental yang akan diuji mempunyai 5 variasi yaitu benda uji pelat beton tanpa segmen, benda uji satu segmen menggunakan topping beton, benda uji dua segmen, benda uji empat segmen, dan benda uji delapan segmen. Pengujian pelat lantai beton pracetak segmental dilakukan dengan metode pengujian lentur satu arah dengan dua titik pembebanan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapasitas beban pelat segmental, kekakuan pelat segmental, dan daktilitas pelat segmental berbanding terbalik dengan jumlah segmen pelat lantai beton. Penurunan persentase beban ultimit pelat beton segmental dengan jumlah n -segmen dapat dimodelkan dengan persamaan $P_n = 100.e^{-0,111.n}$

Kata kunci: beton pracetak, beton segmental, pelat lantai beton, pelat beton segmental, pelat lantai pracetak

Abstract

[Title: Experimental Study to Investigate the Effect of Number of Segments on Strength and Stiffness of Segmental Precast Concrete Slab] Segmental concrete is a construction method that can be used for slab construction by arranging small-sized segmental concrete blocks into a concrete structure. The objectives of this study are to examine the effect of the number of segments on the behavior and strength of the segmental concrete slab, in terms of load capacity, maximum deflection, and stiffness of segmental concrete slab. The specimens used concrete grade f'_c 25 MPa with tension bar 2-D.10. The dimension of specimen were 2 meter length and 25 cm width. The specimen were varied into 5 conditions, namely monolithical slab without segmental blocks specimens, one segment with concrete topping, two-segment specimens, four-segment specimens, and eight-segment specimens. The experimental tests were carried out using a one-way flexural test method with two points loading. Research results show that the load capacity, the stiffness, and the ductility of the segmental slabs decrease with the increase of segment numbers. The reduction of ultimate load percentage of segmental concrete slab with n number of segment can be estimated using equation $P_n = 100.e^{-0,111.n}$

Keywords: precast concrete, segmental concrete, concrete slab, segmental concrete slab, precast concrete slab

*) Penulis Korespondensi.

E-mail: yulitaarnipriastiwi@gmail.com

1. Pendahuluan

Pelat lantai beton adalah struktur beton yang berfungsi untuk menopang beban lantai di atasnya. Pelaksanaan pelat yang masih sering kita jumpai di lapangan yaitu dengan metode konvensional, dimana kita harus menyiapkan perancah (scaffolding) terlebih dahulu untuk menopang bekistingpelat. (shoring formwork) untuk pembuatan pelat

lantai. Beberapa langkah tersebut membuat pengerjaan lantai membutuhkan waktu yang relatif lama.

Di lain pihak, penggunaan beton pracetak pada dunia konstruksi saat ini sedang berkembang. Penggunaan beton pracetak banyak dipakai dalam berbagai macam bangunan, seperti jembatan layang dan gedung. Salah satu keuntungan dari beton pracetak yaitu waktu pengerjaan yang relatif lebih cepat dan bisa dikontrol kualitasnya (Wu et al., 2018). Beton Segmental (*Segmental concrete*) adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk konstruksi pelat lantai yaitu dengan menyusun beberapa segmen beton berukuran kecil sehingga menjadi satu kesatuan struktur.

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait pelat lantai beton pracetak segmental. Hazairin et al. (2013) meneliti tentang pelat lantai keraton (keramik-beton) yang berupa pelat segmental yang terbuat dari tanah liat yang diberi rongga-rongga pada penampangnya dengan tujuan untuk mengurangi berat dari segmen tersebut. Pelat segmental keraton mempunyai ukuran yang seragam dengan panjang per-segmen adalah 25 cm. Penampang segmental keraton ditampilkan pada Gambar 1.



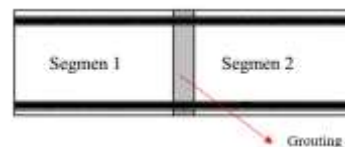
Gambar 1. Penampang segmental keraton (Hazairin et al., 2013)

Hazairin et al. (2013) mengungkapkan bahwa kesatuan elemen segmental menjadi hal penting yang harus diperhatikan agar struktur dapat bekerja dengan baik. Lebih lanjut Hazairin et al. (2013) merangkai segmental keraton menjadi satu kesatuan pelat seperti yang terlihat pada Gambar 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanpa adanya perkuatan arah transversal maka sambungan antar segmen dapat membuka pada arah transversal yang dapat mengurangi kinerja pelat.



Gambar 2. keraton yang telah dirangkai menjadi pelat (Hazairin et al., 2013)

Kekuatan (kapasitas beban) dan daktilitas adalah hal penting yang perlu diketahui pada struktur beton pracetak segmental. Rudi H., & Eka (2011) meneliti sambungan antar segmen pada balok beton pracetak yang di sambung di bagian tengah balok seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Gambar potongan benda uji beton pracetak (Rudi H., & Eka, 2011)

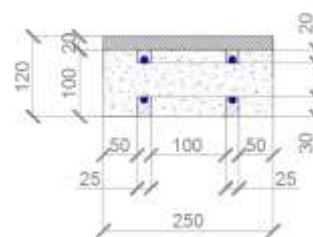
Hasil penelitian menunjukkan bahwa balok pracetak segmental yang dibuat secara baik mampu memberikan kekuatan dan daktilitas yang baik, meskipun lebih kecil dari kekuatan dan daktilitas balok beton monolit.

Sejauh ini penelitian yang dilakukan Rudi H., & Eka, (2011) telah meneliti pengaruh sambungan transversal pelat pracetak, sedangkan penelitian yang dilakukan Hazairin et al., (2013) meneliti tentang pengaruh panjang struktur pada perilaku dan kekuatan struktur, serta pengaruh sambungan pada perilaku dan kekuatan struktur beton pracetak segmental, sehingga belum dilakukan studi terkait pengaruh jumlah segmen terhadap perilaku struktur.

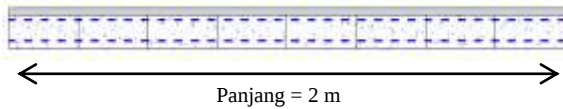
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah segmen pada perilaku pelat lantai beton segmental. Perilaku yang ditinjau adalah kekakuan, kapasitas beban, dan pola keruntuhan struktur.

2. Metode Eksperimental

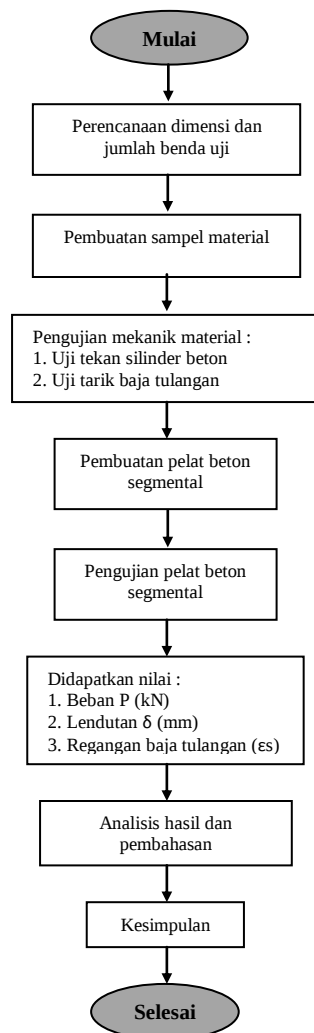
Panel beton segmental dirancang mempunyai panjang 2 m dengan rangkaian segmen yang mempunyai panjang bervariasi yaitu 250 mm, 500 mm, 1000 mm, dan 2000 mm, sedangkan untuk penampang panel beton segmental berukuran tebal 120 mm dan lebar 250 mm. Potongan melintang dan dimensi penampang benda uji beton segmental ditampilkan pada Gambar 4, sedangkan potongan memanjang beton segmental ditampilkan pada Gambar 5. Bagan alir penelitian pelat lantai beton pracetak segmental ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 4. Penampang & dimensi beton segmental



Gambar 5. Potongan memanjang benda uji beton segmental



Gambar 6. Bagan alir penelitian

Gambar 8. menunjukkan metode pengujian beton segmental dimana pengujian pelat beton segmental dilakukan dengan metode lentur satu arah dengan dua titik pembebanan (*two points load*). Jarak antar tumpuan pada pengujian adalah 1800 mm dengan titik pembebanan pada jarak 600 mm dari tumpuan. Untuk mengetahui besarnya beban maka digunakan Load Cell kapasitas 100 kN. Lendutan benda uji pada arah vertikal diukur menggunakan LVDT vertikal yang dipasang

pada tengah bentang benda uji yang berjarak 900 mm dari tumpuan, dan sebagai pembanding dipasang LVDT vertikal pada jarak 450 mm dari tumpuan (seperempat bentang). Set up pengujian pelat beton segmental ditampilkan pada Gambar 8, sedangkan perencanaan jumlah benda uji penelitian beton segmental disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perencanaan jumlah benda uji

Variasi Benda uji	Kode Benda uji	Jumlah benda uji
8 Segmen	8S	1 sampel
4 Segmen	4S	1 sampel
2 Segmen	2S	1 sampel
1 Segmen	1S	1 sampel
Pelat Pembanding	B	1 Sampel

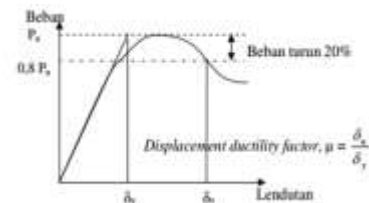
3. Metode Analisis

3.1. Hubungan Beban dan Lendutan

Kuat lentur struktur beton tersedia karena berlangsungnya mekanisme tegangan regangan dalam yang timbul di dalam beton yang pada keadaan tertentu dapat diwakili oleh gaya-gaya dalam (Nawy E.G, 2010). Peningkatan beban linear akan disertai dengan munculnya daerah asal retak dimana lendutan benda uji juga akan semakin meningkat (Zdanowicz & Marx, 2022).

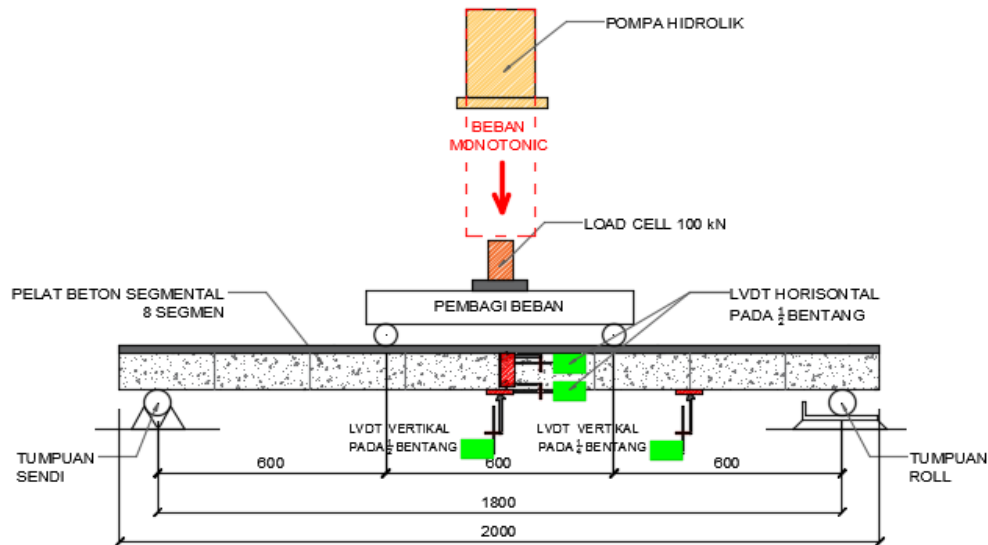
Fase non linear adalah kondisi setelah fase linear pada kurva. Fase non linear ditandai dengan adanya retak pertama dan melendutnya beton beserta tulangan tarik (Al-Fakher et al., 2021).

Hubungan pendekatan beban dan lendutan pada beton bertulang sampai melewati beban. maksimum untuk struktur beton dapat dibuat seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan beban-lendutan (Paulay & Pristley, 1992)

Kurva hubungan beban dan lendutan pada Gambar 7 menunjukkan bahwa kekakuan merupakan hubungan antara beban dan lendutan, sehingga kekakuan dapat dihitung dengan membagi beban dengan lendutan. Nilai kekakuan dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.



Gambar 8. Metode pengujian pelat beton segmental

dimana :

- k = Kekakuan beton
- P = Beban yang terjadi (kN)
- δ = Lendutan yang terjadi (mm)

Hubungan beban dan lendutan juga digunakan untuk menghitung besarnya daktilitas struktur beton bertulang. Daktilitas adalah kemampuan suatu struktur untuk mengalami lendutan yang cukup besar pada saat beban maksimal tercapai sebelum mengalami keruntuhan. (Paulay & Priestley, 1992). Struktur yang bersifat daktil akan mampu menahan beban yang meningkat secara signifikan tanpa mengalami keruntuhan (Gilbert & Sakka, 2007). Besarnya daktilitas maksimum diidentifikasi sebagai displacement ductility factor (μ) yang ditunjukkan pada Persamaan 2.

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad (2)$$

dimana :

- μ = displacement ductility factor
- δ_u = lendutan ultimit (mm)
- δ_y = lendutan saat leleh (mm)

4. Analisis Hasil dan Pembahasan

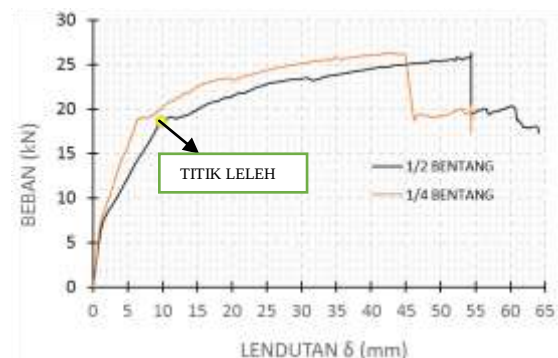
Pengujian pelat beton segmental diawali dengan melakukan pengujian mekanik material terlebih dahulu. Pengujian mekanik material yang dilakukan yaitu pengujian tekan silinder beton dan pengujian kuat tarik baja tulangan.

Uji tekan silinder beton dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang akan dipakai dalam pengujian (SNI 1974:2011). Hasil uji tekan silinder

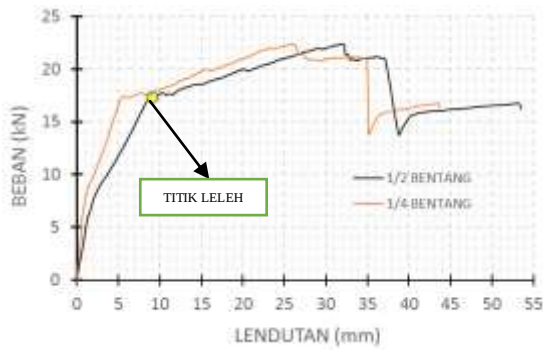
beton diperoleh kuat tekan silinder rata-rata yaitu 26,31 MPa yang melebihi nilai 25 MPa sebagai batasan penelitian pelat segmental.

Pengujian kuat tarik baja tulangan dilakukan untuk mengetahui mutu baja yang digunakan untuk menahan gaya tarik (SNI 2052:2017). Perencanaan mutu baja yang digunakan yaitu menggunakan mutu baja BJTS 520 dengan rencana tegangan leleh baja 600 MPa. Hasil pengujian tarik baja tulangan diperoleh tegangan leleh baja (f_y) sebesar = 620,37 MPa dimana nilai tegangan leleh tersebut memenuhi persyaratan batasan penelitian.

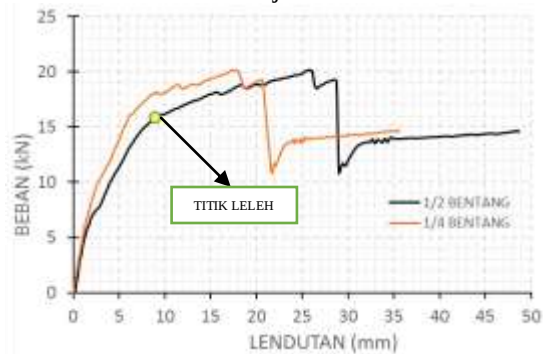
Hasil pengujian pelat beton segmental berupa data beban dan lendutan pada $\frac{1}{2}$ bentang dan $\frac{1}{4}$ bentang sehingga dapat dibuat grafik hubungan beban dan lendutan untuk mengetahui perilaku pelat beton segmental. Grafik hubungan beban dan lendutan per varian benda uji ditampilkan pada Gambar 9 sampai dengan Gambar 13.



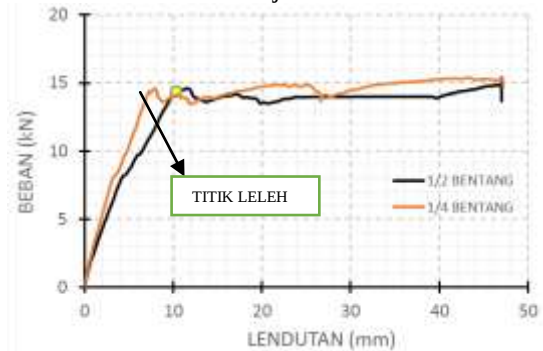
Gambar 9. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji B



Gambar 10. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 1S



Gambar 11. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 2S



Gambar 12. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 4S



Gambar 13. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 8S

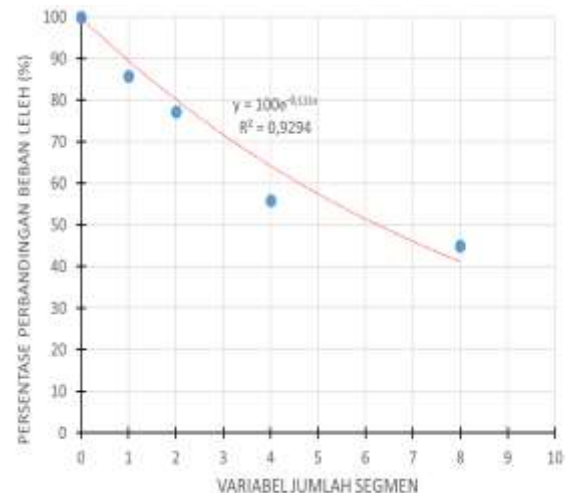
Beban ultimit merupakan beban maksimum yang membuat pelat beton segmental mengalami keruntuhan. Besarnya kapasitas beban ultimit per varian benda uji dicatat dan dibandingkan dengan kapasitas beban ultimit pelat monolit sebagai pembandingan. Besar beban ultimit (P_u) tiap benda uji dan persentasenya terhadap pelat pembandingan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase Beban ultimit

Tipe Pelat	P_u (kN)	Persentase (%)
Pelat pembandingan (B)	18,942	100
1 Segmen (1S)	17,424	85,7
2 Segmen (2S)	16,104	77,1
4 Segmen (4S)	14,388	55,8
8 Segmen (8S)	11,463	44,9

Tabel 2. menunjukkan persentase beban ultimit yang semakin menurun akibat bertambahnya segmen. Hasil dari kapasitas beban yang menurun sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rudi, H., & Eka (2011) dimana kapasitas beban dari beton utuh lebih besar dari kapasitas beban beton *precast* atau beton sambungan. (Rudi, H., & Eka, 2011).

Analisis persentase penurunan kapasitas beban leleh dapat diketahui dengan membuat grafik perbandingan antara jumlah segmen dengan persentase beban leleh. Grafik pada gambar 14 menunjukkan bahwa semakin banyak segment maka semakin rendah beban leleh yang dapat diterima dimana benda uji 8 segment hanya mampu menahan beban ultimit sebesar 44,9% jika dibandingkan dengan pelat kondisi utuh.



Gambar 14. Grafik persentase penurunan beban ultimit

Penafsiran persentase penurunan kapasitas beban pelat segmental dimodelkan menggunakan persamaan eksponensial dengan perhitungan statistik *Standard error of Estimate (SEp)* = $\pm 1,21\%$. Berdasarkan grafik pada Gambar 14 penurunan kapasitas beban pelat segmental dapat dimodelkan dengan Persamaan 3.

$$P_n = 100. e^{-0,111.n} \pm 1,21\% \quad (3)$$

dimana :

P_n = Beban ultimit pada (n) segmen

e = *exponential*

n = jumlah segmen

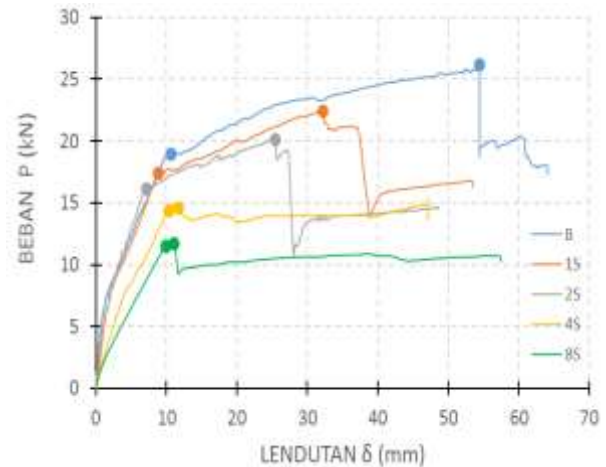
Kekakuan pada pengujian pelat beton segmental dianalisa pada saat kondisi leleh. Setelah didapatkan beban leleh (P_y) dan lendutan leleh (δ_y) maka kekakuan beton segmental pada kondisi leleh dapat dicari. Untuk mencari kekakuan yaitu dengan membagi beban leleh dengan lendutan leleh seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai beban, lendutan, & kekakuan saat kondisi leleh

Tipe pelat	P_y (kN)	δ_y (mm)	K_y (kN/mm)
Pelat pembanding (B)	18,942	10,03	1,889
1 Segmen (1S)	17,424	9,56	1,823
2 Segmen (2S)	16,104	9,38	1,717
4 Segmen (4S)	14,388	10,32	1,394
8 Segmen (8S)	11,463	9,87	1,161

Tabel 3 menunjukkan dengan bertambahnya segmen maka lendutan pada pelat akan semakin besar sesuai pada penelitian yang dilakukan Itang *et al.*, (2018). Hazairin *et al.*, (2013) telah meneliti bahwa dengan bertambahnya lendutan pada pelat segmental maka kekakuan pelat akan semakin menurun, sehingga dari hasil penelitian pada tabel 3 membuktikan bahwa hasil penelitian sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Hazairin *et al.*, (2013).

Detail mengenai perilaku beton segmental dapat diketahui dengan menggambarkan perbandingan kurva hubungan beban dan lendutan per varian benda uji. Kurva perbandingan beban dan lendutan masing-masing benda uji juga dapat digunakan dalam mengetahui besarnya daktilitas struktur seperti penelitian yang telah dilakukan Gilbert., & Sakka., (2007). Perbandingan beban dan lendutan masing-masing varian benda uji ditampilkan pada grafik Gambar 15.



Gambar 15. Grafik Daktilitas beton segmental

Analisis daktilitas struktur dimulai dari lendutan pada fase leleh sampai dengan lendutan maksimum. Dari Gambar 15 dapat diketahui terdapat rentang yang panjang dari lendutan leleh sampai dengan lendutan maksimum pada pelat pembanding, sedangkan dengan bertambahnya segmen beton, maka rentang tersebut semakin pendek.

Daktilitas pada pelat beton segmental (μ = *Displacement ductility factor*) dianalisis dengan membagi besar lendutan pada saat keruntuhan (δ_u) dengan lendutan saat leleh (δ_y). Berikut merupakan perbandingan daktilitas pada masing-masing variasi benda uji seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Daktilitas beton segmental

Tipe pelat	δ_u (mm)	δ_y (mm)	μ (Daktilitas)
Pelat pembanding (B)	54,38	10,03	5,42
1 Segmen (1S)	31,89	9,56	3,34
2 Segmen (2S)	25,02	9,38	2,67
4 Segmen (4S)	11,72	10,32	1,14
8 Segmen (8S)	11,25	9,87	1,14

Tabel 4 menunjukkan bahwa jumlah segmen pada pelat beton segmental mempengaruhi daktilitas struktur, sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Liu *et al.*, (2020) dimana penambahan sambungan (*joint*) akan memperlemah daktilitas struktur. Daktilitas yang semakin menurun mengakibatkan perilaku pelat yang getas sehingga keruntuhan dapat terjadi secara mendadak (Gilbert., & Sakka., 2007).

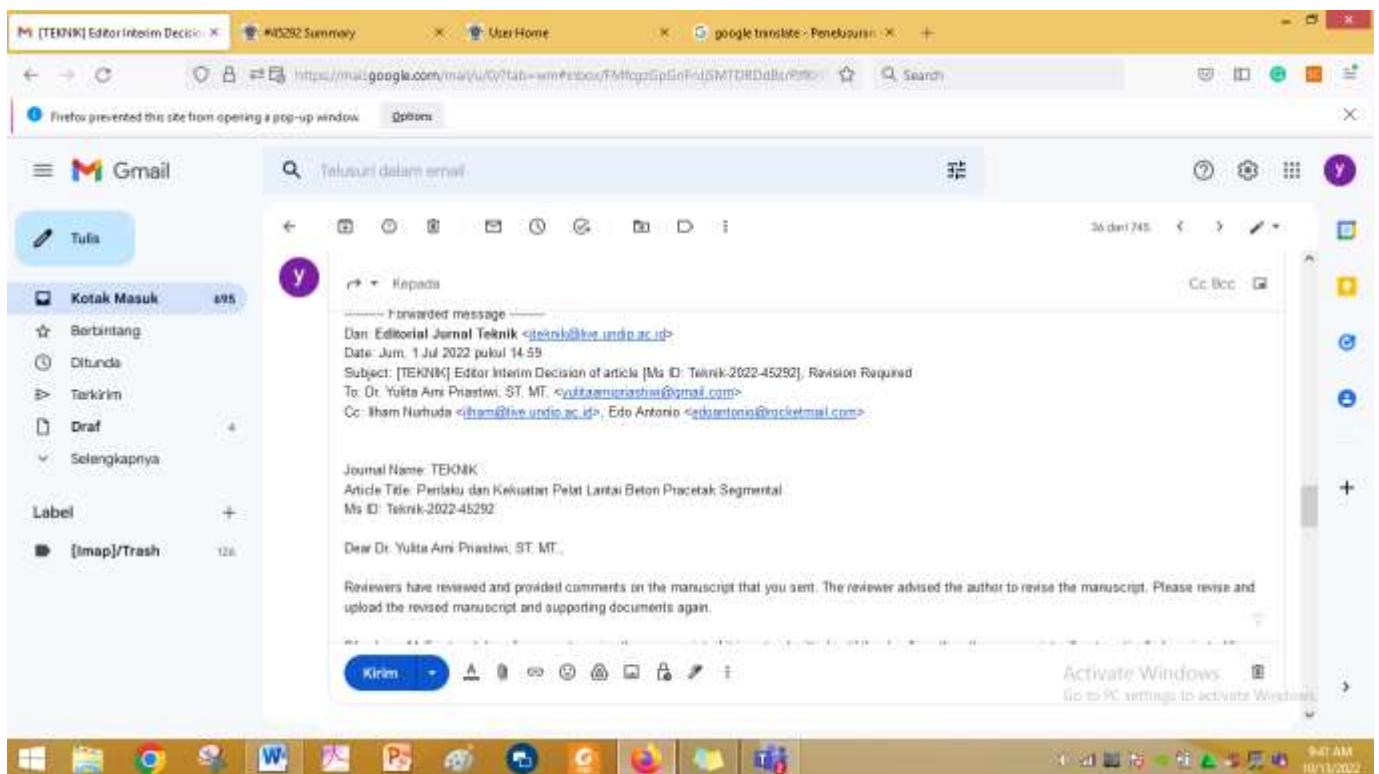
5. Kesimpulan

Kesimpulan mengenai kapasitas beban pada penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Rudi. H., & Eka., (2011) dimana jumlah segmen pelat beton segmental berpengaruh pada kapasitas beban yang mampu diterima pelat beton, sehingga kesimpulan ini dapat menjawab latar belakang permasalahan dimana penafsiran penurunan persentase beban ultimit dengan bertambahnya segmen pada pelat beton dapat dimodelkan dengan persamaan ($P_n = 100 \cdot e^{-0,011n}$) dimana P_n adalah beban ultimit pelat segmental dengan jumlah segmen n segmen.

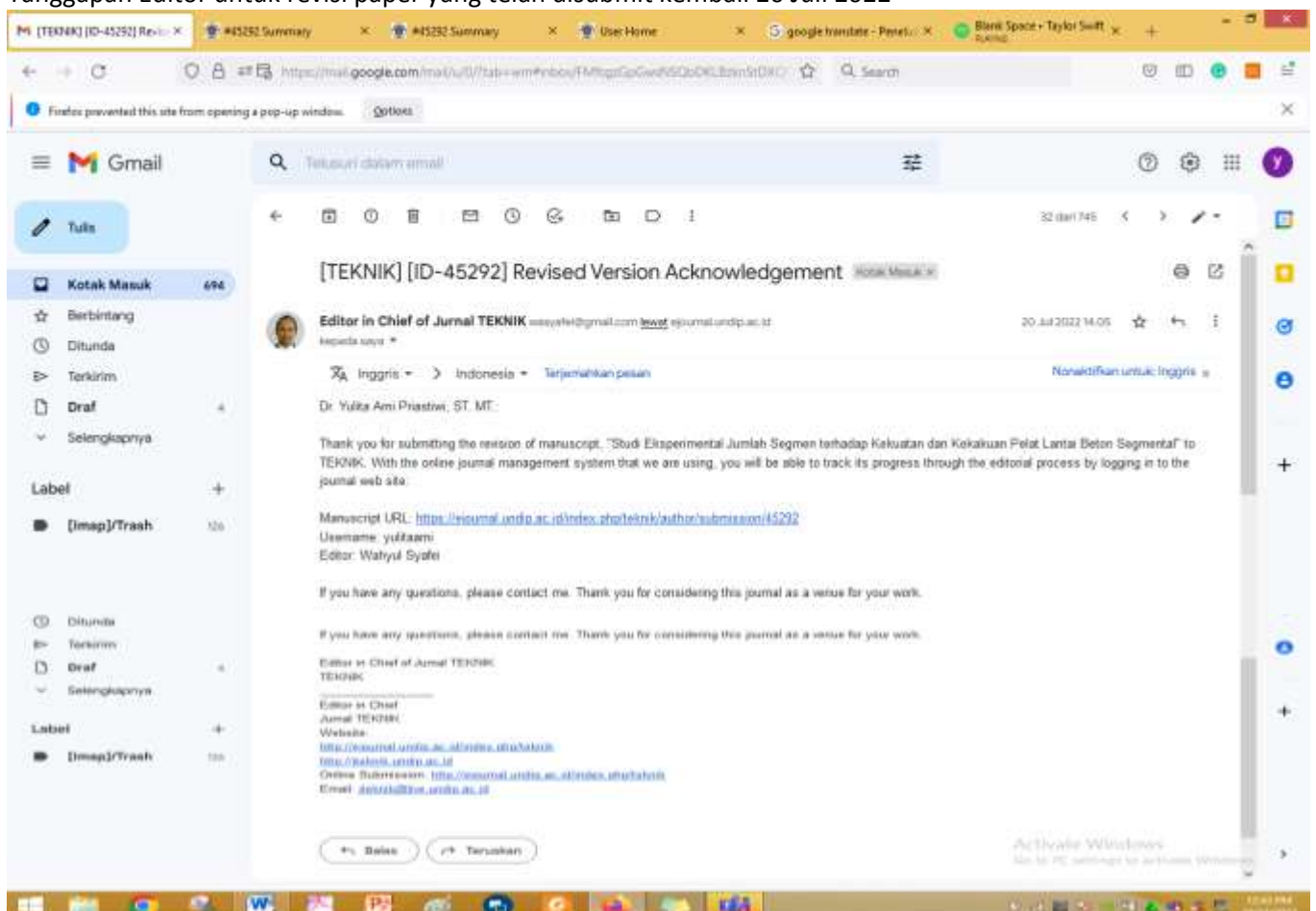
Kekakuan dan daktilitas yang mewakili perilaku pelat beton segmental sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya seperti pada penelitian yang dilakukan Itang., *et al* (2018) mengenai kekakuan pelat keraton dan penelitian yang dilakukan Gilbert., & Sakka., (2007) dimana penambahan sambungan (*joint*) dapat berpengaruh pada kekakuan dan daktilitas pelat beton, dimana semakin banyak segmen maka semakin kecil kekakuan dan daktilitas dari struktur beton segmental.

6. Daftar Pustaka

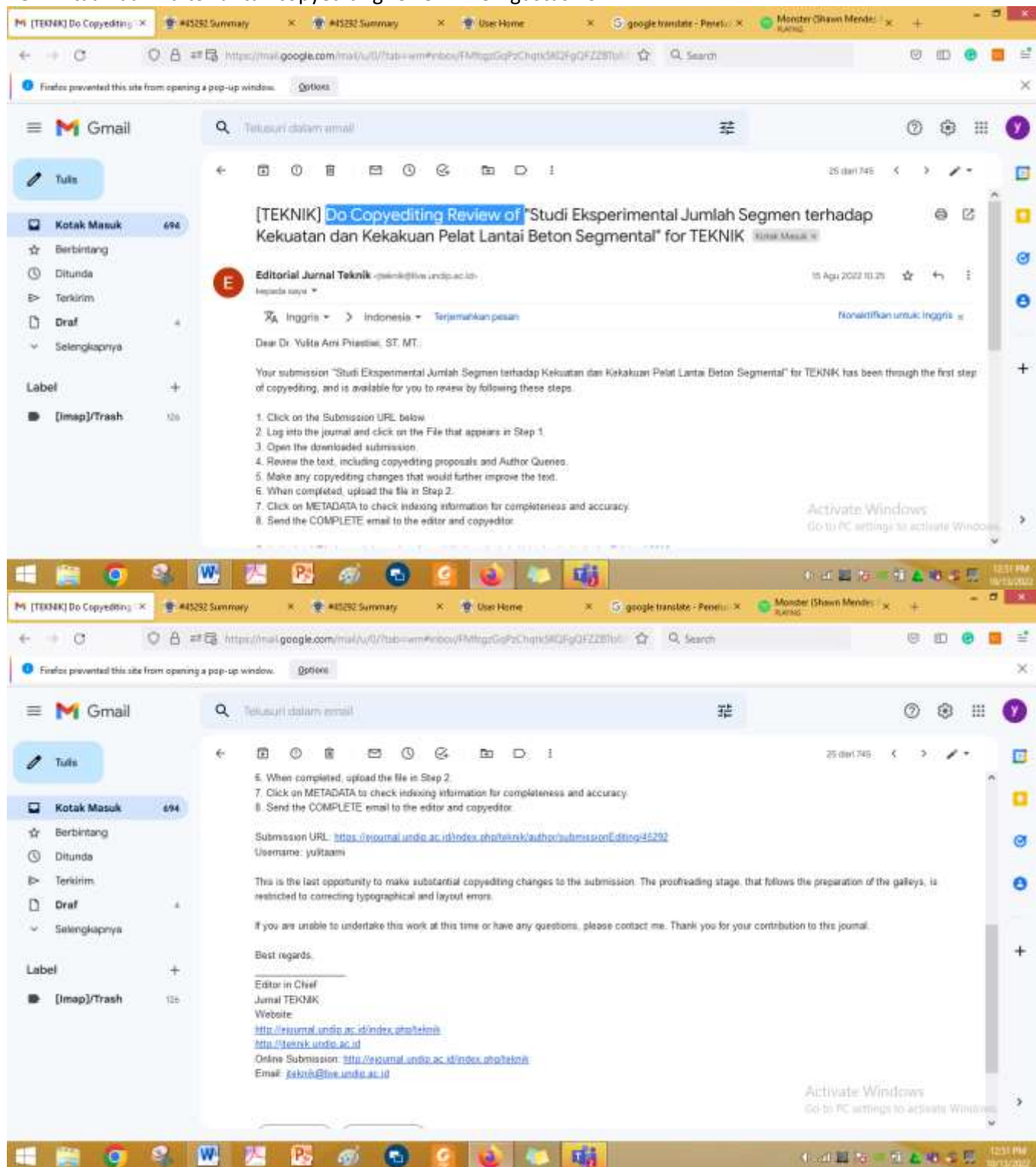
- Al-Fakher, U., Manalo, A., Ferdous, W., Aravinthan, T., Zhuge, Y., Bai, Y., & Edoo, A. (2021). Bending behaviour of precast concrete slab with externally flanged hollow FRP tubes. *Engineering Structures*, 241(February 2020), 112433. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112433>
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 1974:2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji silinder.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 4431 : 2011. Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton
- Gilbert, R. I., & Sakka, Z. I. (2007). Effect of Reinforcement Type on the Ductility of Suspended Reinforced Concrete Slabs. *Journal of Structural Engineering*, 133(6), 834–843. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9445\(2007\)133:6\(834\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9445(2007)133:6(834))
- Hazairin, Herbudiman, B., & Abduh, M. (2013). Kajian Perilaku Lentur Pelat Keramik Beton (Keraton). *Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 7(Oktober), 39–45.
- Irawan, D., Iranata, D., & Suprobo, P. (2017). Experimental Study of Two Way Half Slab Precast Using Triangular Rigid Connection of Precast Concrete Component. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(5), 744–754
- Itang, F., Leman, S., & Jemy, W. (2018). Kajian kekuatan balok keraton. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan*, 2(1), 285–290. <https://doi.org/ISSN-2579-6>
- Liu, J., Hu, H., Li, J., Chen, Y. F., & Zhang, L. (2020). Flexural behavior of prestressed concrete composite slab with precast inverted T-shaped ribbed panels. *Engineering Structures*, 215(December 2019), 110687. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110687>
- Mardi, W (2000). Pemodelan Statistik Hubungan Debit dan Kandungan Sedimen Sungai. *Jurnal Teknologi Lingkungan Vol. 2, No. 3*, 9(September) 2001, 255–260.
- Nawy, E.G., 1990, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Mendasar* (diterjemahkan oleh Bambang Suryoatmono), Eresco, Bandung
- Paulay, T., dan Priestley, M.I.N., 1992, *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, John Willy n Sons Inc, Canada
- Rochman, T., Rasidi, N., Purnomo, F., & Author, C. (2021). *the Flexural Performance of Lightweight Foamed Precast Concrete Slabs* : 20(77), 24–32.
- Rudi, H & Eka, SM. (2011). Balok Precast Segmental dengan Sistim Sambungan Boned Non Prestressed. *POLI TEKNOLOGI*, 10(1), 39–47.
- Tavio, Purwono, R., & Rosyidah, A. (2009). Perkuatan Balok Beton Bertulang dengan menggunakan CRFP (*Carbon Reinforced Fiber Pollymer*). *dinamika TEKNIK SIPIL*, 9(Januari), 9–18.
- Wu, X., Xia, X., Kang, T. H., Han, J., & Kim, C. (2018). Flexural behavior of precast concrete wall-steel shoe composite assemblies with dry connection. *Steel and Composite Structures*, 29(November), 545–555. <https://doi.org/10.12989/scs.2018.29.4.545>
- Zdanowicz, K., & Marx, S. (2022). Flexural behaviour of thin textile reinforced concrete slabs enhanced by chemical prestressing. *Engineering Structures*, 256(September 2021), 113946. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.113946>



6. Tanggapan Editor untuk revisi paper yang telah disubmit kembali 20 Juli 2022



7. Permintaan dari Editor untuk copyediting review—15 Agustus 2022



Studi Eksperimental Jumlah Segmen terhadap Kekuatan dan Kekakuan Pelat Lantai Beton Segmental

Yulita Arni Priastiwi*, Ilham Nurhuda, Edo Antonio

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Beton segmental merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk konstruksi plat lantai. Metode ini dilakukan dengan menyusun beberapa segmen beton berukuran kecil sehingga menjadi satu kesatuan struktur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah segment terhadap perilaku dan kekuatan pelat lantai beton, ditinjau dari kapasitas beban, lendutan maksimum, dan kekakuan dari pelat lantai beton pracetak segmental. Benda uji yang digunakan untuk pengujian pelat lantai beton pracetak segmental menggunakan beton dengan kuat tekan (f'_c) 25 Mpa, dan baja tulangan tarik 2-D10. Dimensi panel pelat yang digunakan mempunyai panjang dua meter dan lebar 25 cm. Panel pelat beton segmental yang akan diuji mempunyai 5 variasi yaitu benda uji pelat beton tanpa segmen, benda uji satu segmen menggunakan topping beton, benda uji dua segmen, benda uji empat segmen, dan benda uji delapan segmen. Pengujian pelat lantai beton pracetak segmental dilakukan dengan metode pengujian lentur satu arah dengan dua titik pembebanan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapasitas beban pelat segmental, kekakuan pelat segmental, dan daktilitas pelat segmental berbanding terbalik dengan jumlah segmen pelat lantai beton. Penurunan persentase beban ultimit pelat beton segmental dengan jumlah n -segmen dapat dimodelkan dengan persamaan $P_n = 100.e^{-0,111.n}$.

Kata kunci: beton pracetak; beton segmental; pelat lantai beton; pelat beton segmental; pelat lantai pracetak

Abstract

[Title: Experimental Study to Investigate the Effect of Number of Segments on Strength and Stiffness of Segmental Precast Concrete Slap] small-sized segmental concrete blocks into a concrete structure. The objectives of this study are to examine the effect of the number of segments on the behavior and strength of the segmental concrete slab, in terms of load capacity, maximum deflection, and stiffness of segmental concrete slab. The specimens used concrete grade f'_c 25 MPa with tension bar 2-D.10. The dimension of specimen were 2 meter length and 25 cm width. The specimen were varied into 5 conditions, namely monolithic slab without segmental blocks specimens, one segment with concrete topping, two-segment specimens, four-segment specimens, and eight-segment specimens. The experimental tests were carried out using a one-way flexural test method with two points loading. Research results show that the load capacity, the stiffness, and the ductility of the segmental slabs decrease with the increase of segment numbers. The reduction of ultimate load percentage of segmental concrete slab with n number of segment can be estimated using equation $P_n = 100.e^{-0,111.n}$.

Keywords: precast concrete; segmental concrete; concrete slab; segmental concrete slab; precast concrete slab

1. Pendahuluan

Pelat lantai beton adalah struktur beton yang

berfungsi untuk menopang beban lantai di atasnya. Pelaksanaan pelat yang masih sering kita jumpai di lapangan merupakan metode konvensional. Pada metode pembuatan pelat lantai konvensional, perancah (scaffolding) harus disiapkan terlebih dahulu untuk

*) Penulis Korespondensi.

E-mail: yulitaarnipriastiwi@gmail.com

menopang bekisting pelat (shoring formwork). Beberapa langkah tersebut membuat pengerjaan lantai membutuhkan waktu yang relatif lama.

Di sisi lain, penggunaan beton pracetak pada dunia konstruksi saat ini sedang berkembang. Penggunaan beton pracetak banyak dipakai dalam berbagai macam bangunan, seperti jembatan layang dan gedung. Salah satu keuntungan dari beton pracetak yaitu waktu pengerjaan yang relatif lebih cepat dan bisa dikontrol kualitasnya (Wu dkk., 2018). Beton segmental (*segmental concrete*) adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk konstruksi pelat lantai yaitu dengan menyusun beberapa segmen beton berukuran kecil sehingga menjadi satu kesatuan struktur.

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait pelat lantai beton pracetak segmental. Hazairin dkk. (2013) meneliti tentang pelat lantai keraton (keramik-beton). Pelat keraton merupakan pelat segmental yang terbuat dari tanah liat yang diberi rongga-rongga pada penampangnya dengan tujuan untuk mengurangi berat dari segmen tersebut. Pelat segmental keraton mempunyai ukuran yang seragam dengan panjang per-segmen adalah 25 cm. Penampang segmental keraton ditampilkan pada Gambar 1.

Hazairin dkk. (2013) mengungkapkan bahwa kesatuan elemen segmental menjadi hal penting yang harus diperhatikan agar struktur dapat bekerja dengan baik. Lebih lanjut Hazairin dkk. (2013) merangkai segmental keraton menjadi satu kesatuan pelat seperti yang terlihat pada Gambar 2. Hasil penelitian tersebut

menunjukkan bahwa tanpa adanya perkuatan arah transversal maka sambungan antar segmen dapat membuka pada arah transversal yang dapat mengurangi kinerja pelat.

Kekuatan (kapasitas beban) dan daktilitas adalah hal penting yang perlu diketahui pada struktur beton pracetak segmental. Hermawan & Mulya (2011) meneliti sambungan antar segmen pada balok beton pracetak yang di sambung di bagian tengah balok seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa balok pracetak segmental yang dibuat secara baik mampu memberikan kekuatan dan daktilitas yang baik, meskipun lebih kecil dari kekuatan dan daktilitas balok beton monolit.

Hermawan & Mulya (2011) telah meneliti pengaruh sambungan transversal pelat pracetak, sedangkan penelitian yang dilakukan Hazairin dkk. (2013) mengkaji pengaruh panjang struktur pada perilaku dan kekuatan struktur, serta pengaruh sambungan pada perilaku dan kekuatan struktur beton pracetak segmental. Sejauh ini, belum dilakukan studi terkait pengaruh jumlah segmen terhadap perilaku struktur. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah segmen pada perilaku pelat lantai beton segmental. Perilaku yang ditinjau adalah kekakuan, kapasitas beban, dan pola keruntuhan struktur.

2. Alat dan Bahan

2.1 Metode Eksperimental

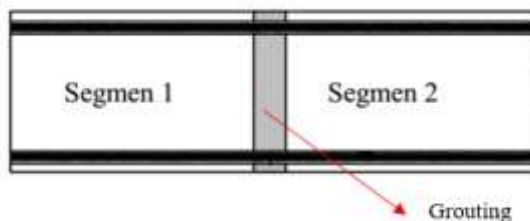
Panel beton segmental dirancang mempunyai



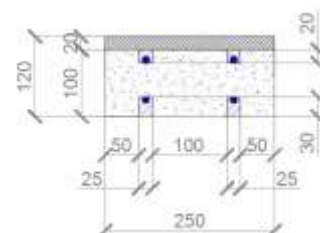
Gambar 1. Penampang segmental keraton (Hazairin dkk., 2013)



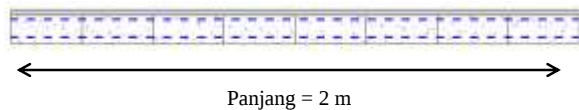
Gambar 2. Keraton yang telah dirangkai menjadi pelat (Hazairin dkk., 2013)



Gambar 3. Gambar potongan benda uji beton pracetak (Hermawan & Mulya, 2011)



Gambar 4. Penampang & dimensi beton segmental



Gambar 5. Potongan memanjang benda uji beton segmental

panjang 2 m dengan rangkaian segmen yang mempunyai panjang bervariasi yaitu 250 mm, 500 mm, 1000 mm, dan 2000 mm. Penampang panel beton segmental berukuran tebal 120 mm dan lebar 250 mm. Potongan melintang dan dimensi penampang benda uji beton segmental ditampilkan pada Gambar 4, sedangkan potongan memanjang beton segmental ditampilkan pada Gambar 5. Bagan alir penelitian pelat lantai beton pracetak segmental ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 7 menunjukkan metode pengujian beton segmental dimana pengujian pelat beton segmental dilakukan dengan metode lentur satu arah dengan dua titik pembebanan (*two points load*) sesuai SNI 4431: 2011. Jarak antar tumpuan pada pengujian adalah 1800 mm dengan titik pembebanan pada jarak 600 mm dari tumpuan. Untuk mengetahui besarnya beban maka digunakan *Load Cell* kapasitas 100 kN. Lendutan benda uji pada arah vertikal diukur menggunakan LVDT vertikal yang dipasang pada tengah bentang benda uji yang berjarak 900 mm dari tumpuan, dan sebagai pembanding dipasang LVDT vertikal pada jarak 450 mm dari tumpuan (seperempat bentang). Set up pengujian pelat beton segmental ditampilkan pada Gambar 7, sedangkan perencanaan jumlah benda uji penelitian beton segmental disajikan pada Tabel 1.

2.2 Analisis Hubungan Beban dan Lendutan

Kuat lentur struktur beton tersedia karena berlangsungnya mekanisme tegangan regangan dalam yang timbul di dalam beton yang pada keadaan tertentu dapat diwakili oleh gaya-gaya dalam (Nawy dkk., 2010). Peningkatan beban linear akan disertai dengan munculnya daerah asal retak dimana lendutan benda uji juga akan semakin meningkat (Zdanowicz & Marx, 2022). Fase non linear adalah kondisi setelah fase linear pada kurva. Fase non linear ditandai dengan adanya retak pertama dan melendutnya beton beserta tulangan tarik (Al-Fakher dkk., 2021).

Hubungan pendekatan beban dan lendutan pada

Tabel 2. Persentase Beban ultimit

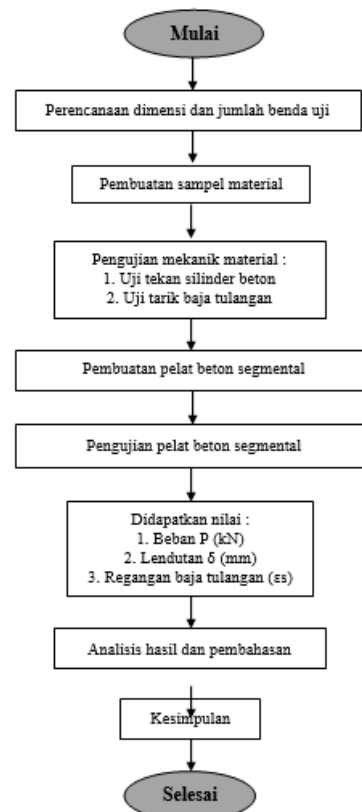
Tipe Pelat	P_u (kN)	Persentase (%)
Pelat pembanding (B)	18,942	100
1 Segmen (1S)	17,424	85,7
2 Segmen (2S)	16,104	77,1
4 Segmen (4S)	14,388	55,8
8 Segmen (8S)	11,463	44,9

beton bertulang sampai melewati beban maksimum untuk struktur beton dapat dibuat seperti terlihat pada Gambar 8. Kurva hubungan beban dan lendutan pada Gambar 8 menunjukkan bahwa kekakuan merupakan hubungan antara beban dan lendutan, sehingga kekakuan dapat dihitung dengan membagi beban dengan lendutan. Nilai kekakuan dapat dihitung menggunakan Persamaan 1

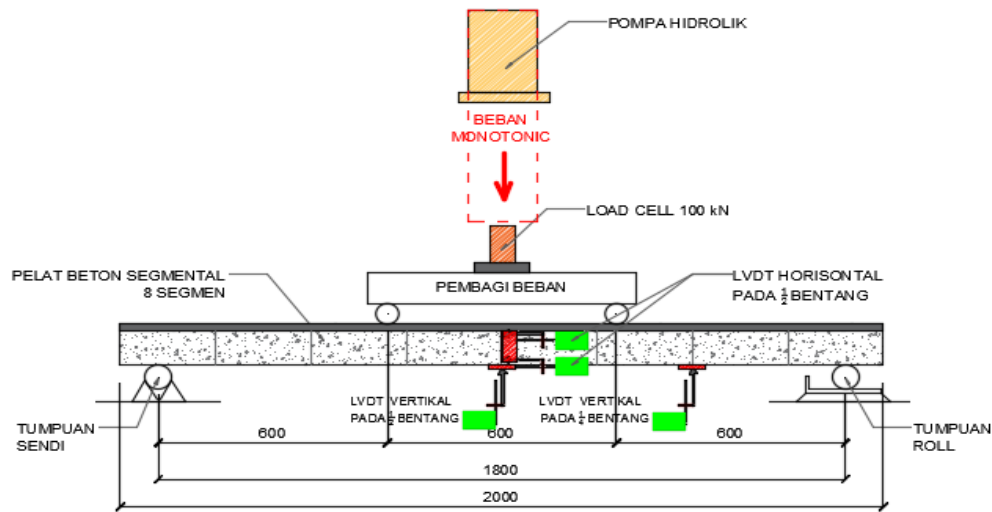
$$k = \frac{P}{\delta} \quad (1)$$

dimana k merupakan kekakuan beton; P merupakan beban yang terjadi (kN); dan δ adalah Lendutan yang terjadi (mm).

Hubungan beban dan lendutan juga digunakan untuk menghitung besarnya daktilitas struktur beton bertulang. Daktilitas adalah kemampuan suatu struktur untuk mengalami lendutan yang cukup besar pada saat beban maksimal tercapai sebelum mengalami keruntuhan (Paulay & Priestley, 1992). Struktur yang bersifat daktil akan mampu menahan beban yang meningkat secara signifikan tanpa mengalami keruntuhan (Gilbert & Sakka, 2007). Besarnya daktilitas maksimum diidentifikasi sebagai displacement ductility factor (μ) yang ditunjukkan pada Persamaan 2.



Gambar 6. Bagan alir penelitian



Gambar 7. Metode pengujian pelat beton segmental

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad (2)$$

dimana μ adalah *displacement ductility factor*; δ_u merupakan lendutan ultimit (mm); dan δ_y adalah lendutan saat leleh (mm).

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian pelat beton segmental diawali dengan melakukan pengujian mekanik material terlebih dahulu. Pengujian mekanik material yang dilakukan yaitu pengujian tekan silinder beton dan pengujian kuat tarik baja tulangan.

Uji tekan silinder beton dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang akan dipakai dalam pengujian (SNI 1974:2011). Hasil uji tekan silinder beton diperoleh kuat tekan silinder rata-rata yaitu 26,31 MPa yang melebihi nilai 25 MPa sebagai batasan penelitian pelat segmental.

Pengujian kuat tarik baja tulangan dilakukan untuk mengetahui mutu baja yang digunakan untuk menahan gaya tarik (SNI 2052:2017). Perencanaan mutu baja yang digunakan yaitu menggunakan mutu baja BJTS 520 dengan rencana tegangan leleh baja 600

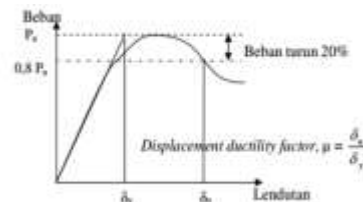
MPa. Hasil pengujian tarik baja tulangan diperoleh tegangan leleh baja (f_y) sebesar 620,37 MPa dimana nilai tegangan leleh tersebut memenuhi persyaratan batasan penelitian.

Hasil pengujian pelat beton segmental berupa data beban dan lendutan pada $\frac{1}{2}$ bentang dan $\frac{1}{4}$ bentang sehingga dapat dibuat grafik hubungan beban dan lendutan untuk mengetahui perilaku pelat beton segmental. Grafik hubungan beban dan lendutan per varian benda uji ditampilkan pada Gambar 9 sampai dengan Gambar 13.

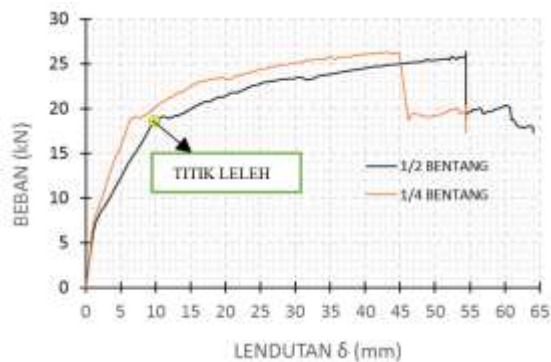
Beban ultimit merupakan beban maksimum yang membuat pelat beton segmental mengalami keruntuhan. Besarnya kapasitas beban ultimit per varian benda uji dicatat dan dibandingkan dengan kapasitas beban ultimit pelat monolit sebagai pembanding. Besar beban ultimit (P_u) tiap benda uji dan persentasenya terhadap pelat pembanding ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan persentase beban ultimit yang semakin menurun akibat bertambahnya segmen. Hasil dari kapasitas beban yang menurun sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hermawan & Mulya (2011) dimana kapasitas beban dari beton utuh lebih besar dari

Tabel 1. Perencanaan jumlah benda uji

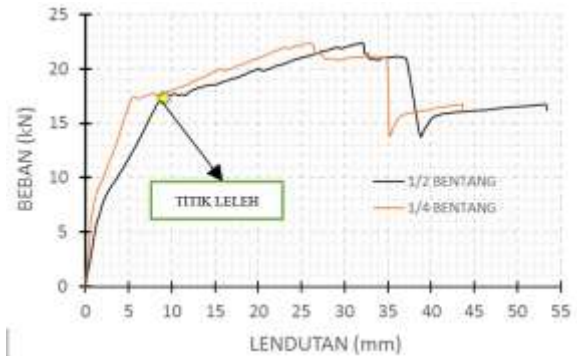
Variasi Benda uji	Kode Benda uji	Jumlah benda uji
8 Segmen	8S	1 sampel
4 Segmen	4S	1 sampel
2 Segmen	2S	1 sampel
1 Segmen	1S	1 sampel
Pelat Pembanding	B	1 Sampel



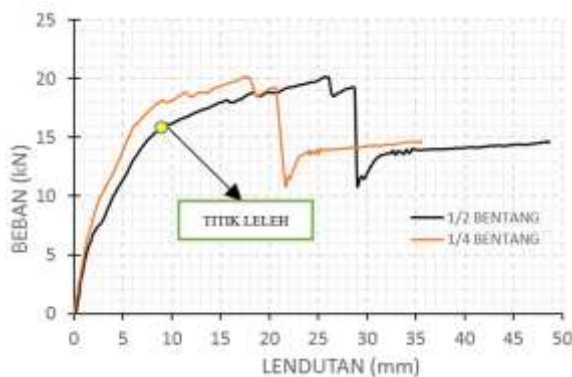
Gambar 8. Grafik hubungan beban-lendutan (Paulay & Priestley, 1992)



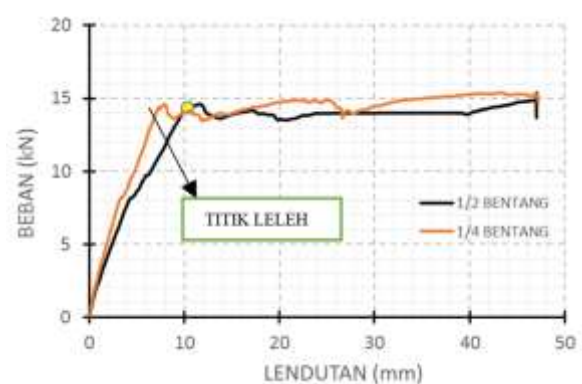
Gambar 9. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji B



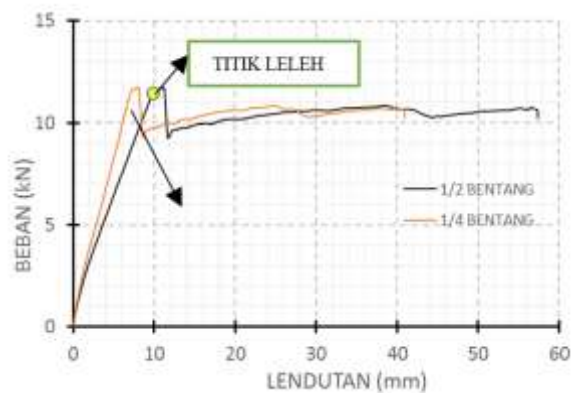
Gambar 10. Hubungan Beban dan lendutan benda uji 1S



Gambar 11. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 2S



Gambar 12. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 4S



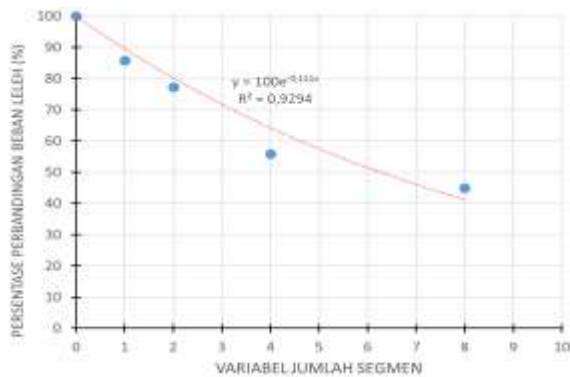
Gambar 13. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 8S

kapasitas beban beton *precast* atau beton sambungan (Hermawan & Mulya, 2011).

Analisis persentase penurunan kapasitas beban leleh dapat diketahui dengan membuat grafik perbandingan antara jumlah segmen dengan persentase beban leleh. Grafik pada gambar 14 menunjukkan

bahwa semakin banyak segmen maka semakin rendah beban leleh yang dapat diterima dimana benda uji 8 segment hanya mampu menahan beban ultimit sebesar 44,9% jika dibandingkan dengan pelat kondisi utuh.

Penafsiran persentase penurunan kapasitas beban pelat segmental dimodelkan menggunakan persamaan



Gambar 14. Grafik persentase penurunan beban ultimit

eksponential dengan perhitungan statistik *Standard error of Estimate (SEp)* dan menghasilkan besaran $\pm 1,21\%$. Berdasarkan grafik pada Gambar 14 penurunan kapasitas beban pelat segmental dapat dimodelkan dengan Persamaan 3.

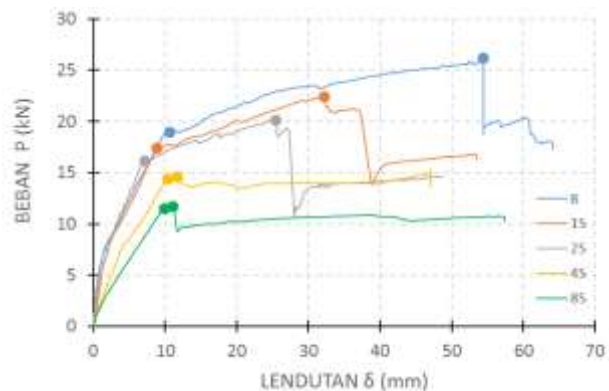
$$P_n = 100 \cdot e^{-0,111 \cdot n} \pm 1,21\% \quad (3)$$

dimana P_n adalah beban ultimit pada (n) segmen; e adalah *exponential*; dan n adalah jumlah segmen.

Kekakuan pada pengujian pelat beton segmental dianalisa pada saat kondisi leleh. Setelah didapatkan beban leleh (P_y) dan lendutan leleh (δ_y) maka kekakuan beton segmental pada kondisi leleh dapat dicari. Untuk mencari kekakuan yaitu dengan membagi beban leleh dengan lendutan leleh seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan dengan bertambahnya segmen maka lendutan pada pelat akan semakin besar sesuai pada penelitian yang dilakukan Leman, Itang & Wijaya (2018). Hazairin dkk. (2013) telah meneliti bahwa dengan bertambahnya lendutan pada pelat segmental maka kekakuan pelat akan semakin menurun, sehingga dari hasil penelitian pada tabel 3 membuktikan bahwa hasil penelitian sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Hazairin dkk. (2013).

Tabel 3. Nilai beban, lendutan, dan kekakuan saat kondisi leleh

Tipe pelat	P_y (kN)	δ_y (mm)	K_y (kN/mm)
Pelat pembanding (B)	18,942	10,03	1,889
1 Segmen (1S)	17,424	9,56	1,823
2 Segmen (2S)	16,104	9,38	1,717
4 Segmen (4S)	14,388	10,32	1,394
8 Segmen (8S)	11,463	9,87	1,161



Gambar 15. Grafik Daktilitas beton segmental

Detail mengenai perilaku beton segmental dapat diketahui dengan menggambarkan perbandingan kurva hubungan beban dan lendutan per varian benda uji. Kurva perbandingan beban dan lendutan masing-masing benda uji juga dapat digunakan dalam mengetahui besarnya daktilitas struktur seperti penelitian yang telah dilakukan Gilbert & Sakka, (2007). Perbandingan beban dan lendutan masing-masing varian benda uji ditampilkan pada grafik Gambar 15.

Analisis daktilitas struktur dimulai dari lendutan pada fase leleh sampai dengan lendutan maksimum. Dari Gambar 15 dapat diketahui terdapat rentang yang panjang dari lendutan leleh sampai dengan lendutan maksimum pada pelat pembanding, sedangkan dengan bertambahnya segmen beton, maka rentang tersebut semakin pendek.

Daktilitas pada pelat beton segmental (μ = *Displacement ductility factor*) dianalisis dengan membagi besar lendutan pada saat keruntuhan (δ_u) dengan lendutan saat leleh (δ_y). Berikut merupakan perbandingan daktilitas pada masing-masing variasi benda uji seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukan bahwa jumlah segmen pada pelat beton segmental mempengaruhi daktilitas struktur,

Tabel 4. Daktilitas beton segmental

Tipe pelat	δ_u (mm)	δ_y (mm)	μ (Daktilitas)
Pelat pembanding (B)	54,38	10,03	5,42
1 Segmen (1S)	31,89	9,56	3,34
2 Segmen (2S)	25,02	9,38	2,67
4 Segmen (4S)	11,72	10,32	1,14
8 Segmen (8S)	11,25	9,87	1,14

sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Irawan dkk., 2017 serta Liu dkk. (2020) dimana penambahan sambungan (*joint*) akan memperlemah daktilitas struktur. Daktilitas yang semakin menurun mengakibatkan perilaku pelat yang getas terlebih bila dukungan daktilitas tulangan juga rendah (Tuladhar & Lancini., 2014) sehingga keruntuhan dapat terjadi secara mendadak (Gilbert & Sakka, 2007).

4. Kesimpulan

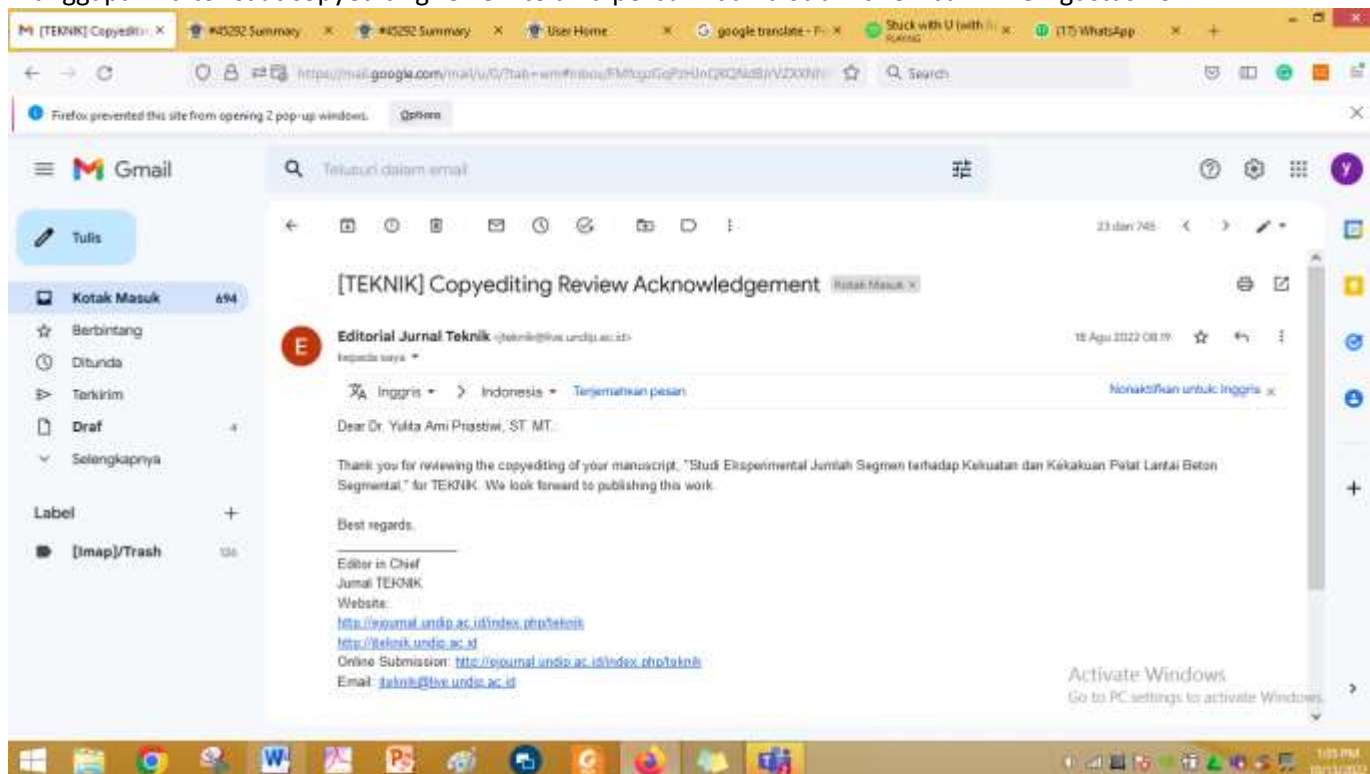
Kesimpulan mengenai kapasitas beban pada penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Hermawan & Mulya (2011) dimana jumlah segmen pelat beton segmental berpengaruh pada kapasitas beban yang mampu diterima pelat beton, sehingga kesimpulan ini dapat menjawab latar belakang permasalahan dimana penafsiran penurunan persentase beban ultimit dengan bertambahnya segmen pada pelat beton dapat dimodelkan dengan persamaan ($P_n = 100 \cdot e^{-0,011n}$) dimana P_n adalah beban ultimit pelat segmental dengan jumlah segmen n segmen.

Kekakuan dan daktilitas yang mewakili perilaku pelat beton segmental sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya seperti pada penelitian yang dilakukan Leman, Itang, & Wijaya (2018) mengenai kekakuan pelat keraton dan penelitian yang dilakukan Gilbert & Sakka (2007) dimana penambahan sambungan (*joint*) dapat berpengaruh pada kekakuan dan daktilitas pelat beton, dimana semakin banyak segmen maka semakin kecil kekakuan dan daktilitas dari struktur beton segmental.

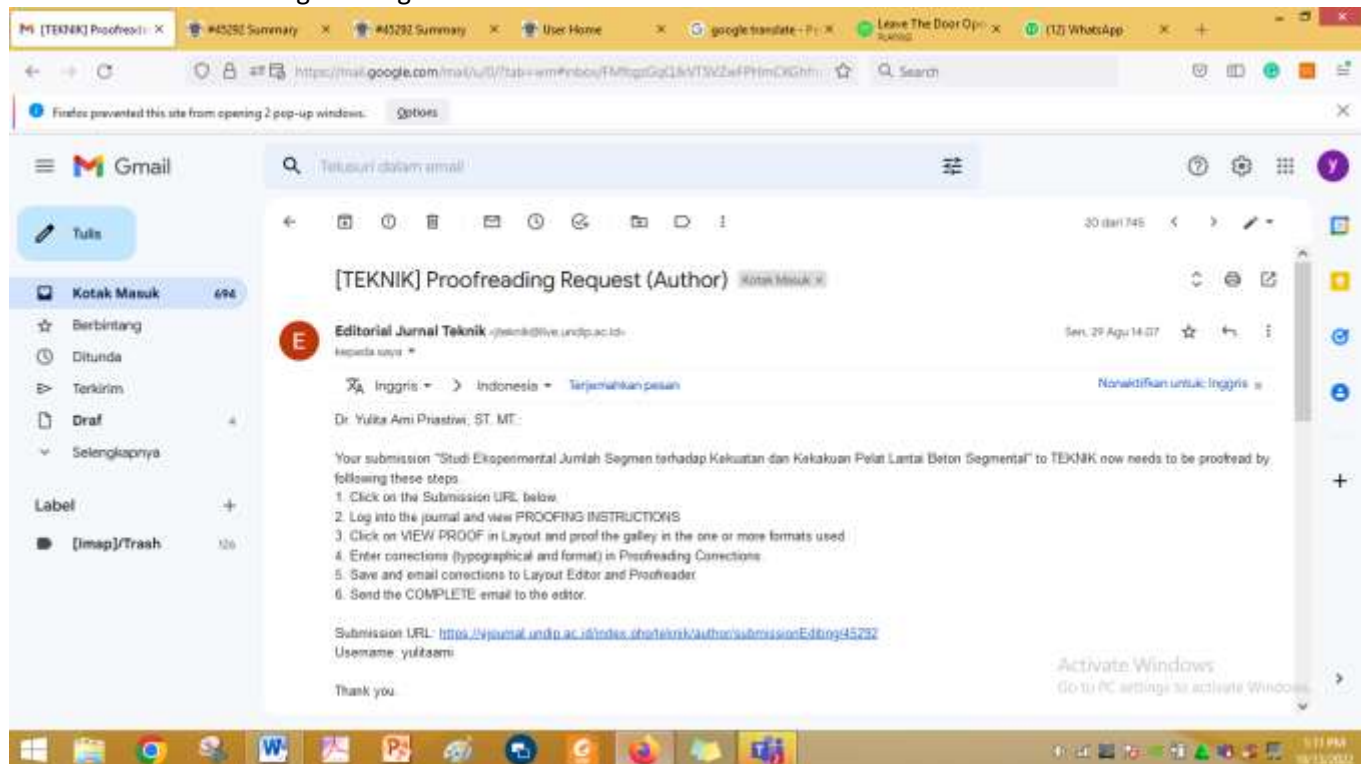
Daftar Pustaka

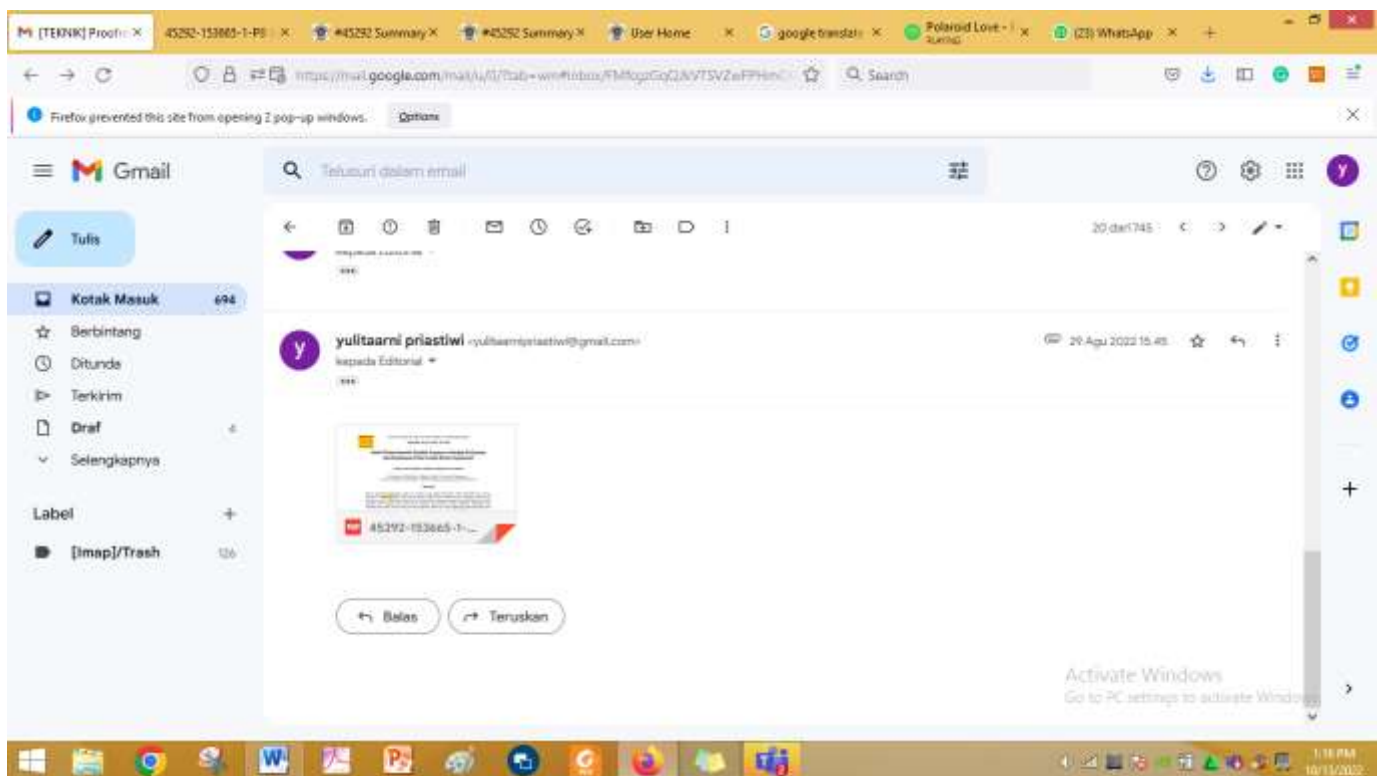
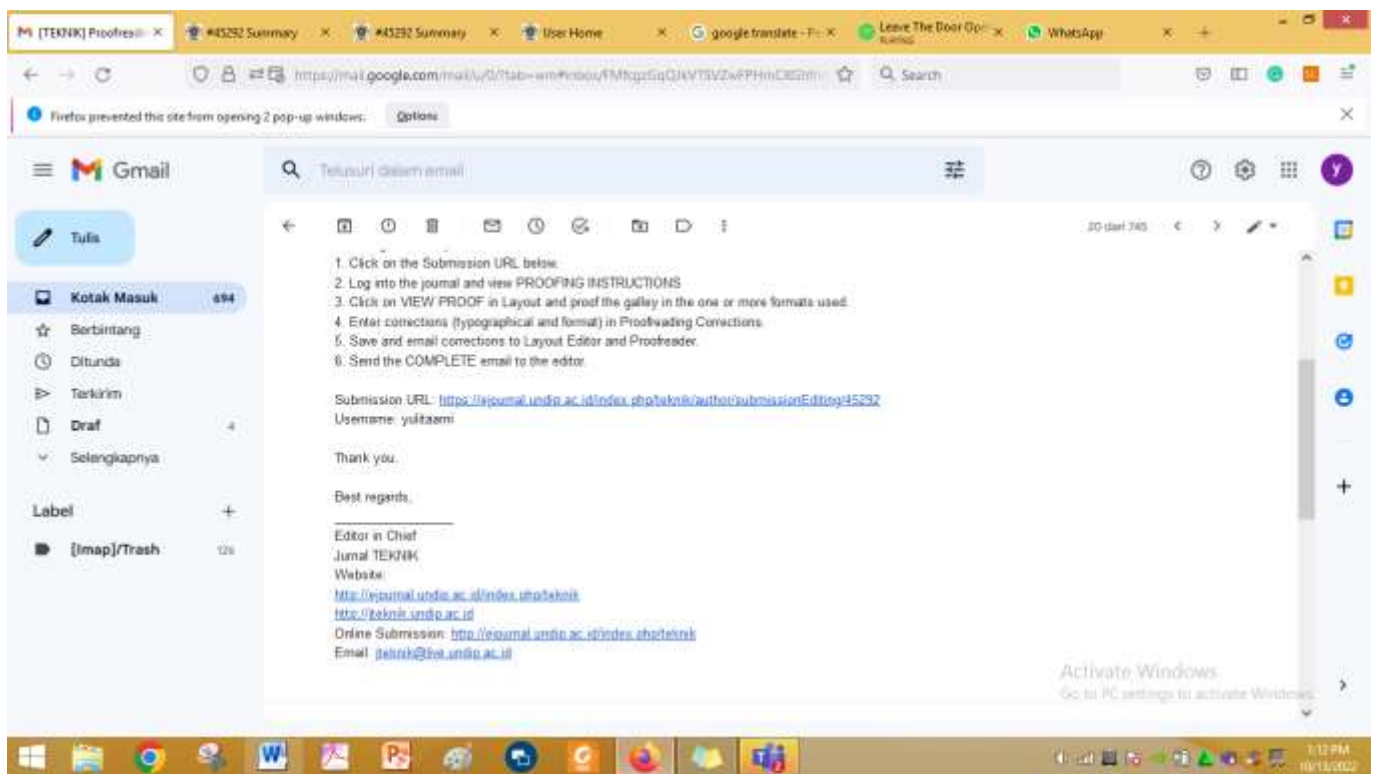
- Al-Fakher, U., Manalo, A., Ferdous, W., Aravinthan, T., Zhuge, Y., Bai, Y., & Edoo, A. (2021). Bending behaviour of precast concrete slab with externally flanged hollow FRP tubes. *Engineering Structures*, 241, 112433.
- SNI 1974:2011. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji silinder. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 4431:2011. (2011) Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 2052:2017 (2017).Baja Tulangan Beton. Badan Standardisasi Nasional. (2017).
- Gilbert, R. I., & Sakka, Z. I. (2007). Effect of reinforcement type on the ductility of suspended reinforced concrete slabs. *Journal of structural engineering*, 133(6), 834-843.
- Hazairin, B. H., & Arrasyid, M. A. (2013). Kajian Perilaku Lentur Pelat Keramik Beton (Keraton). *Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 7(Oktobre), 39–45.
- Hermawan, A. R., & Mulya, E. S. (2011). Balok Precast Segmental Dengan Sistim Sambungan Boned Nonprestressed. *Jurnal Poli-Teknologi*, 10(1), 39–47
- Irawan, D., Iranata, D., & Suprobo, P. (2017). Experimental study of two way half slab precast using triangular rigid connection of precast concrete component. *Int. J. Appl. Eng. Res*, 12, 744-754.
- Leman, S., Itang, F., & Wijaya, J. (2018). Kajian Kekuatan Balok Keraton. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, 2(1), 285-290
- Liu, J., Hu, H., Li, J., Chen, Y. F., & Zhang, L. (2020). Flexural behavior of prestressed concrete composite slab with precast inverted T-shaped ribbed panels. *Engineering Structures*, 215, 110687.
- Nawy, E. G., Surjaman, T., & Suryoatmono, B. (2010). Beton Bertulang: suatu pendekatan dasar. Bandung: Eresco.
- Paulay, T., & Priestley, M. N. (1992). Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings (Vol. 768). New York: Wiley.
- Rochman, T., Rasidi, N., & Purnomo, F. (2021). The Flexural Performance Of Lightweight Foamed Precast Concrete Slabs: Experimental And Analysis. *Geomate Journal*, 20(77), 24-32.
- Tuladhar, R. Lancini, B.J. (2014). Ductility of Concrete Slabs Reinforced with Low Ductility welded wire fabric and Steel Fiber. *Structural Engineering and Mechanic*. Vol 49(4).pp. 449-461
- Wu, X., Xia, X., Kang, T., Han, J., & Kim, C. S. (2018). Flexural behavior of precast concrete wall-steel shoe composite assemblies with dry connection. *Steel and Composite Structures*, 29, 545-555.
- Zdanowicz, K., & Marx, S. (2022). Flexural behaviour of thin textile reinforced concrete slabs enhanced by chemical prestressing. *Engineering Structures*, 256, 113946.

8. Tanggapan Editor saat copyediting review telah diperbaiki dan disubmit kembali--- 18 Agustus 2022



9. Permintaan Proofreading ---29 Agustus 2022





proofreading paper yang ditandai kuning

Studi Eksperimental Jumlah Segmen terhadap Kekuatan dan Kekakuan Pelat Lantai Beton Segmental

Yulita Arni Priastiwi*, Ilham Nurhuda, Edo Antonio

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Beton segmental merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk konstruksi plat lantai. Metode ini dilakukan dengan menyusun beberapa segmen beton berukuran kecil sehingga menjadi satu kesatuan struktur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah segment terhadap perilaku dan kekuatan pelat lantai beton, ditinjau dari kapasitas beban, lendutan maksimum, dan kekakuan dari pelat lantai beton pracetak segmental. Benda uji yang digunakan untuk pengujian pelat lantai beton pracetak segmental menggunakan beton dengan kuat tekan (f'_c) 25 Mpa, dan baja tulangan tarik 2-D10. Dimensi panel pelat yang digunakan mempunyai panjang dua meter dan lebar 25 cm. Panel pelat beton segmental yang akan diuji mempunyai 5 variasi yaitu benda uji pelat beton tanpa segmen, benda uji satu segmen menggunakan topping beton, benda uji dua segmen, benda uji empat segmen, dan benda uji delapan segmen. Pengujian pelat lantai beton pracetak segmental dilakukan dengan metode pengujian lentur satu arah dengan dua titik pembebanan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapasitas beban pelat segmental, kekakuan pelat segmental, dan daktilitas pelat segmental berbanding terbalik dengan jumlah segmen pelat lantai beton. Penurunan persentase beban ultimit pelat beton segmental dengan jumlah n -segmen dapat dimodelkan dengan persamaan $P_n = 100.e^{-0,111.n}$.

Kata kunci: beton pracetak; beton segmental; pelat lantai beton; pelat beton segmental; pelat lantai pracetak

Abstract

[Title: Experimental Study to Investigate the Effect of Number of Segments on Strength and Stiffness of Segmental Precast Concrete Slab] small-sized segmental concrete blocks into a concrete structure. The objectives of this study are to examine the effect of the number of segments on the behavior and strength of the segmental concrete slab, in terms of load capacity, maximum deflection, and stiffness of segmental concrete slab. The specimens used concrete grade f'_c 25 MPa with tension bar 2-D10. The dimension of specimen were 2 meter length and 25 cm width. The specimen were varied into 5 conditions, namely monolithic slab without segmental blocks specimens, one segment with concrete topping, two-segment specimens, four-segment specimens, and eight-segment specimens. The experimental tests were carried out using a one-way flexural test method with two points loading. Research results show that the load capacity, the stiffness, and the ductility of the segmental slabs decrease with the increase of segment numbers. The reduction of ultimate load percentage of segmental concrete slab with n number of segment can be estimated using equation $P_n = 100.e^{-0,111.n}$.

Keywords: precast concrete; segmental concrete; concrete slab; segmental concrete slab; precast concrete slab

1. Pendahuluan

Pelat lantai beton adalah struktur beton yang

berfungsi untuk menopang beban lantai di atasnya. Pelaksanaan pelat yang masih sering kita jumpai di lapangan merupakan metode konvensional. Pada metode pembuatan pelat lantai konvensional, perancah (scaffolding) harus disiapkan terlebih dahulu untuk

*) Penulis Korespondensi.

E-mail: yulitaarnipriastiwi@gmail.com

menopang bekisting pelat (shoring formwork). Beberapa langkah tersebut membuat pengerjaan lantai membutuhkan waktu yang relatif lama.

Di sisi lain, penggunaan beton pracetak pada dunia konstruksi saat ini sedang berkembang. Penggunaan beton pracetak banyak dipakai dalam berbagai macam bangunan, seperti jembatan layang dan gedung. Salah satu keuntungan dari beton pracetak yaitu waktu pengerjaan yang relatif lebih cepat dan bisa dikontrol kualitasnya (Wu dkk., 2018). Beton segmental (*segmental concrete*) adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk konstruksi pelat lantai yaitu dengan menyusun beberapa segmen beton berukuran kecil sehingga menjadi satu kesatuan struktur.

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait pelat lantai beton pracetak segmental. Hazairin dkk. (2013) meneliti tentang pelat lantai keraton (keramik-beton). Pelat keraton merupakan pelat segmental yang terbuat dari tanah liat yang diberi rongga-rongga pada penampangnya dengan tujuan untuk mengurangi berat dari segmen tersebut. Pelat segmental keraton mempunyai ukuran yang seragam dengan panjang per-segmen adalah 25 cm. Penampang segmental keraton ditampilkan pada Gambar 1.

Hazairin dkk. (2013) mengungkapkan bahwa kesatuan elemen segmental menjadi hal penting yang harus diperhatikan agar struktur dapat bekerja dengan baik. Lebih lanjut Hazairin dkk. (2013) merangkai segmental keraton menjadi satu kesatuan pelat seperti yang terlihat pada Gambar 2. Hasil penelitian tersebut

menunjukkan bahwa tanpa adanya perkuatan arah transversal maka sambungan antar segmen dapat membuka pada arah transversal yang dapat mengurangi kinerja pelat.

Kekuatan (kapasitas beban) dan daktilitas adalah hal penting yang perlu diketahui pada struktur beton pracetak segmental. Hermawan & Mulya (2011) meneliti sambungan antar segmen pada balok beton pracetak yang di sambung di bagian tengah balok seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa balok pracetak segmental yang dibuat secara baik mampu memberikan kekuatan dan daktilitas yang baik, meskipun lebih kecil dari kekuatan dan daktilitas balok beton monolit.

Hermawan & Mulya (2011) telah meneliti pengaruh sambungan transversal pelat pracetak, sedangkan penelitian yang dilakukan Hazairin dkk. (2013) mengkaji pengaruh panjang struktur pada perilaku dan kekuatan struktur, serta pengaruh sambungan pada perilaku dan kekuatan struktur beton pracetak segmental. Sejauh ini, belum dilakukan studi terkait pengaruh jumlah segmen terhadap perilaku struktur. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah segmen pada perilaku pelat lantai beton segmental. Perilaku yang ditinjau adalah kekakuan, kapasitas beban, dan pola keruntuhan struktur.

2. Alat dan Bahan

2.1 Metode Eksperimental

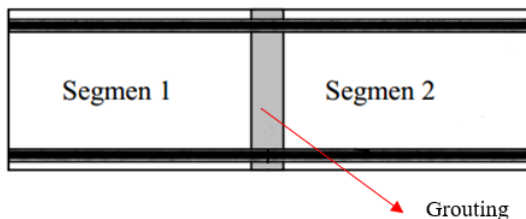
Panel beton segmental dirancang mempunyai



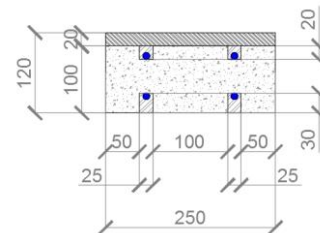
Gambar 1. Penampang segmental keraton (Hazairin dkk., 2013)



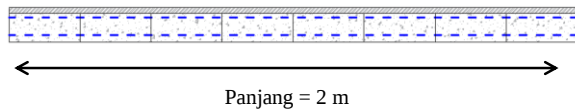
Gambar 2. Keraton yang telah dirangkai menjadi pelat (Hazairin dkk., 2013)



Gambar 3. Gambar potongan benda uji beton pracetak (Hermawan & Mulya, 2011)



Gambar 4. Penampang & dimensi beton segmental



Gambar 5. Potongan memanjang benda uji beton segmental

panjang 2 m dengan rangkaian segmen yang mempunyai panjang bervariasi yaitu 250 mm, 500 mm, 1000 mm, dan 2000 mm. Penampang panel beton segmental berukuran tebal 120 mm dan lebar 250 mm. Potongan melintang dan dimensi penampang benda uji beton segmental ditampilkan pada Gambar 4, sedangkan potongan memanjang beton segmental ditampilkan pada Gambar 5. Bagan alir penelitian pelat lantai beton pracetak segmental ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 7 menunjukkan metode pengujian beton segmental dimana pengujian pelat beton segmental dilakukan dengan metode lentur satu arah dengan dua titik pembebanan (*two points load*) sesuai SNI 4431: 2011. Jarak antar tumpuan pada pengujian adalah 1800 mm dengan titik pembebanan pada jarak 600 mm dari tumpuan. Untuk mengetahui besarnya beban maka digunakan *Load Cell* kapasitas 100 kN. Lendutan benda uji pada arah vertikal diukur menggunakan LVDT vertikal yang dipasang pada tengah bentang benda uji yang berjarak 900 mm dari tumpuan, dan sebagai pembanding dipasang LVDT vertikal pada jarak 450 mm dari tumpuan (seperempat bentang). Set up pengujian pelat beton segmental ditampilkan pada Gambar 7, sedangkan perencanaan jumlah benda uji penelitian beton segmental disajikan pada Tabel 1.

2.2 Analisis Hubungan Beban dan Lendutan

Kuat lentur struktur beton tersedia karena berlangsungnya mekanisme tegangan regangan dalam yang timbul di dalam beton yang pada keadaan tertentu dapat diwakili oleh gaya-gaya dalam (Nawy dkk., 2010). Peningkatan beban linear akan disertai dengan munculnya daerah asal retak dimana lendutan benda uji juga akan semakin meningkat (Zdanowicz & Marx, 2022). Fase non linear adalah kondisi setelah fase linear pada kurva. Fase non linear ditandai dengan adanya retak pertama dan melendutnya beton beserta tulangan tarik (Al-Fakher dkk., 2021).

Hubungan pendekatan beban dan lendutan pada

Tabel 2. Persentase Beban ultimit

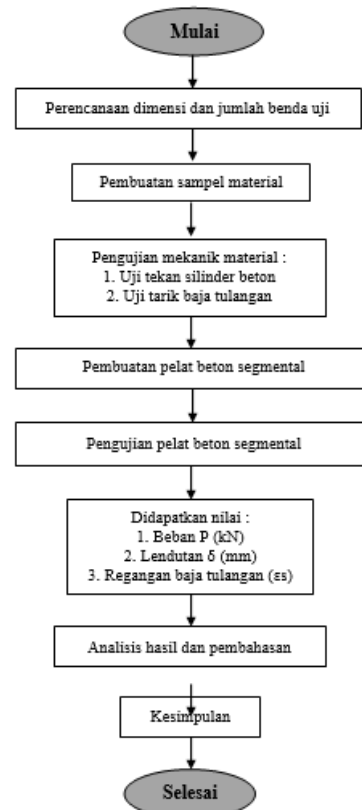
Tipe Pelat	P_u (kN)	Persentase (%)
Pelat pembanding (B)	18,942	100
1 Segmen (1S)	17,424	85,7
2 Segmen (2S)	16,104	77,1
4 Segmen (4S)	14,388	55,8
8 Segmen (8S)	11,463	44,9

beton bertulang sampai melewati beban maksimum untuk struktur beton dapat dibuat seperti terlihat pada Gambar 8. Kurva hubungan beban dan lendutan pada Gambar 8 menunjukkan bahwa kekakuan merupakan hubungan antara beban dan lendutan, sehingga kekakuan dapat dihitung dengan membagi beban dengan lendutan. Nilai kekakuan dapat dihitung menggunakan Persamaan 1,

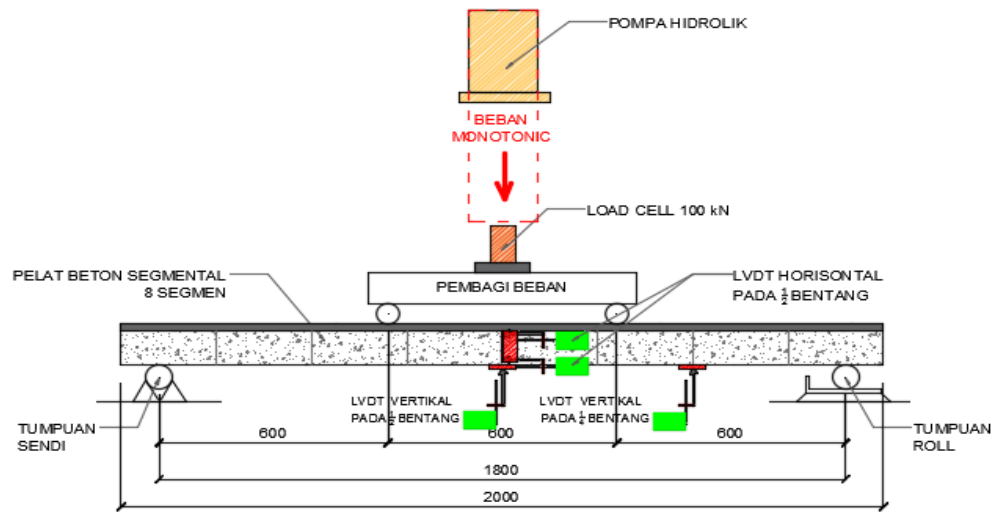
$$k = \frac{P}{\delta} \quad (1)$$

dimana k merupakan kekakuan beton; P merupakan beban yang terjadi (kN); dan δ adalah lendutan yang terjadi (mm).

Hubungan beban dan lendutan juga digunakan untuk menghitung besarnya daktilitas struktur beton bertulang. Daktilitas adalah kemampuan suatu struktur untuk mengalami lendutan yang cukup besar pada saat beban maksimal tercapai sebelum mengalami keruntuhan (Paulay & Priestley, 1992). Struktur yang bersifat daktil akan mampu menahan beban yang meningkat secara signifikan tanpa mengalami keruntuhan (Gilbert & Sakka, 2007). Besarnya daktilitas maksimum diidentifikasi sebagai *displacement ductility factor* (μ) yang ditunjukkan pada Persamaan 2.



Gambar 6. Bagan alir penelitian



Gambar 7. Metode pengujian pelat beton segmental

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad (2)$$

dimana μ adalah *displacement ductility factor*; δ_u merupakan lendutan ultimit (mm); dan δ_y adalah lendutan saat leleh (mm).

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian pelat beton segmental diawali dengan melakukan pengujian mekanik material terlebih dahulu. Pengujian mekanik material yang dilakukan yaitu pengujian tekan silinder beton dan pengujian kuat tarik baja tulangan.

Uji tekan silinder beton dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang akan dipakai dalam pengujian (SNI 1974:2011). Hasil uji tekan silinder beton diperoleh kuat tekan silinder rata-rata yaitu 26,31 MPa yang melebihi nilai 25 MPa sebagai batasan penelitian pelat segmental.

Pengujian kuat tarik baja tulangan dilakukan untuk mengetahui mutu baja yang digunakan untuk menahan gaya tarik (SNI 2052:2017). Perencanaan mutu baja yang digunakan yaitu menggunakan mutu baja BJTS 520 dengan rencana tegangan leleh baja 600

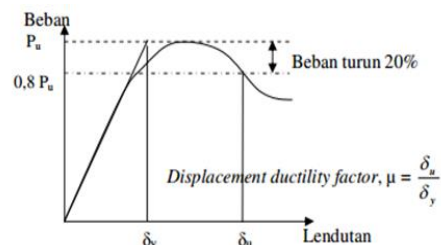
MPa. Hasil pengujian tarik baja tulangan diperoleh tegangan leleh baja (f_y) sebesar 620,37 MPa dimana nilai tegangan leleh tersebut memenuhi persyaratan batasan penelitian.

Hasil pengujian pelat beton segmental berupa data beban dan lendutan pada $\frac{1}{2}$ bentang dan $\frac{1}{4}$ bentang sehingga dapat dibuat grafik hubungan beban dan lendutan untuk mengetahui perilaku pelat beton segmental. Grafik hubungan beban dan lendutan per varian benda uji ditampilkan pada Gambar 9 sampai dengan Gambar 13.

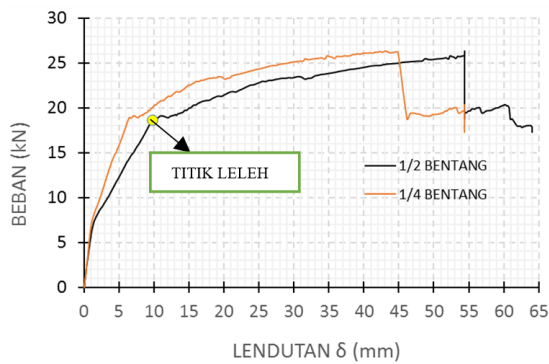
Beban ultimit merupakan beban maksimum yang membuat pelat beton segmental mengalami keruntuhan. Besarnya kapasitas beban ultimit per varian benda uji dicatat dan dibandingkan dengan kapasitas beban ultimit pelat monolit sebagai pembanding. Besar beban ultimit (P_u) tiap benda uji dan persentasenya terhadap pelat pembanding ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan persentase beban ultimit yang semakin menurun akibat bertambahnya segmen. Hasil dari kapasitas beban yang menurun sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hermawan & Mulya (2011) dimana kapasitas beban dari beton utuh lebih besar dari

Tabel 1. Perencanaan jumlah benda uji

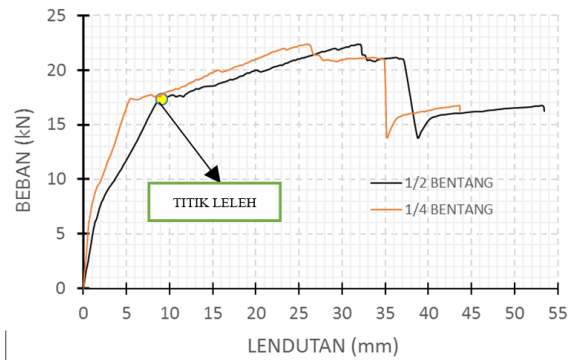
Variasi Benda uji	Kode Benda uji	Jumlah benda uji
8 Segmen	8S	1 sampel
4 Segmen	4S	1 sampel
2 Segmen	2S	1 sampel
1 Segmen	1S	1 sampel
Pelat Pembanding	B	1 Sampel



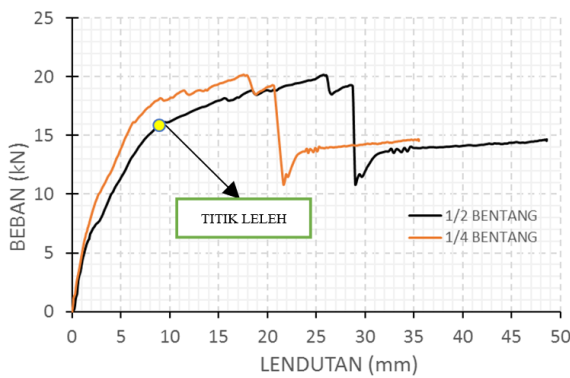
Gambar 8. Grafik hubungan beban-lendutan (Paulay & Priestley, 1992)



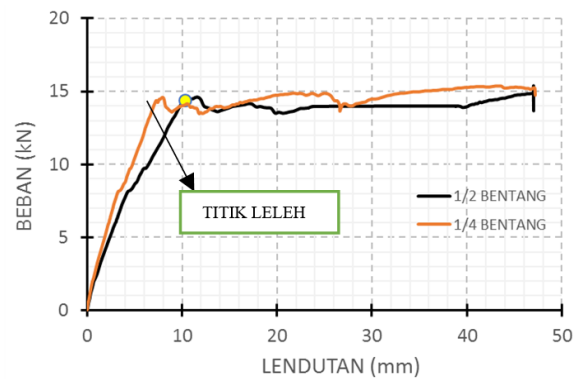
Gambar 9. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji B



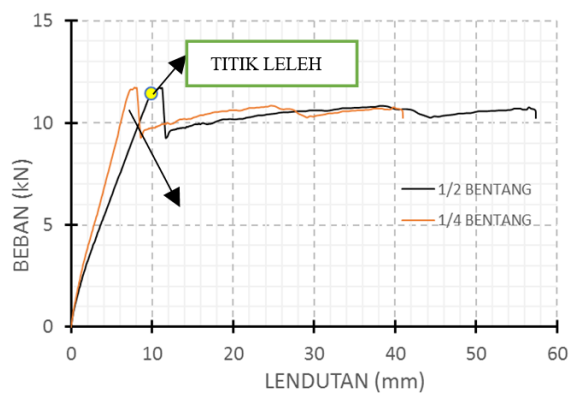
Gambar 10. Hubungan Beban dan lendutan benda uji 1S



Gambar 11. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 2S



Gambar 12. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 4S



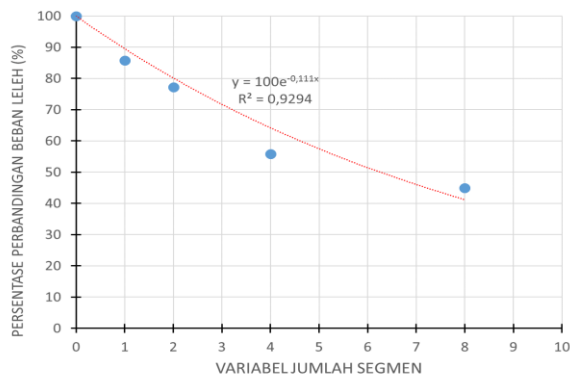
Gambar 13. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 8S

kapasitas beban beton *precast* atau beton sambungan (Hermawan & Mulya, 2011).

Analisis persentase penurunan kapasitas beban leleh dapat diketahui dengan membuat grafik perbandingan antara jumlah segmen dengan persentase beban leleh. Grafik pada [gambar 14](#) menunjukkan

bahwa semakin banyak segmen maka semakin rendah beban leleh yang dapat diterima dimana benda uji 8 segment hanya mampu menahan beban ultimit sebesar 44,9% jika dibandingkan dengan pelat kondisi utuh.

Penafsiran persentase penurunan kapasitas beban pelat segmental dimodelkan menggunakan persamaan



Gambar 14. Grafik persentase penurunan beban ultimit

eksponential dengan perhitungan statistik *Standard error of Estimate (SEp)* dan menghasilkan besaran $\pm 1,21\%$. Berdasarkan grafik pada Gambar 14 penurunan kapasitas beban pelat segmental dapat dimodelkan dengan Persamaan 3.

$$P_n = 100 \cdot e^{-0,111 \cdot n} \pm 1,21\% \quad (3)$$

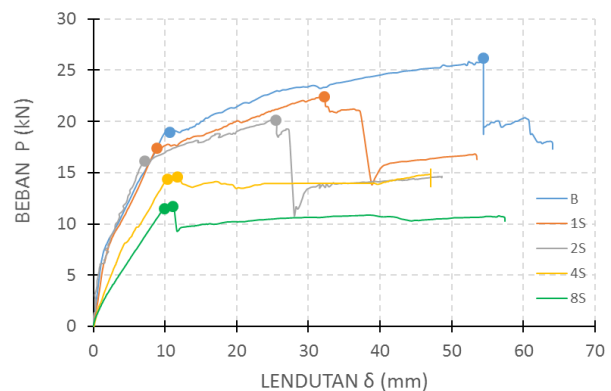
dimana P_n adalah beban ultimit pada (n) segmen; e adalah *exponential*; dan n adalah jumlah segmen.

Kekakuan pada pengujian pelat beton segmental dianalisa pada saat kondisi leleh. Setelah didapatkan beban leleh (P_y) dan lendutan leleh (δ_y) maka kekakuan beton segmental pada kondisi leleh dapat dicari. Untuk mencari kekakuan yaitu dengan membagi beban leleh dengan lendutan leleh seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan dengan bertambahnya segmen maka lendutan pada pelat akan semakin besar sesuai pada penelitian yang dilakukan Leman, Itam & Wijaya (2018). Hazairin dkk. (2013) telah membuktikan bahwa dengan bertambahnya lendutan pada pelat segmental maka kekakuan pelat akan semakin menurun, sehingga dari hasil penelitian pada tabel 3 membuktikan bahwa hasil penelitian sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Hazairin dkk. (2013).

Detail mengenai perilaku beton segmental dapat

Tabel 3. Nilai beban, lendutan, dan kekakuan saat kondisi leleh

Tipe pelat	P_y (kN)	δ_y (mm)	K_y (kN/mm)
Pelat pembanding (B)	18,942	10,03	1,889
1 Segmen (1S)	17,424	9,56	1,823
2 Segmen (2S)	16,104	9,38	1,717
4 Segmen (4S)	14,388	10,32	1,394
8 Segmen (8S)	11,463	9,87	1,161



Gambar 15. Grafik Daktilitas beton segmental

diketahui dengan menggambarkan perbandingan kurva hubungan beban dan lendutan per varian benda uji. Kurva perbandingan beban dan lendutan masing-masing benda uji juga dapat digunakan dalam mengetahui besarnya daktilitas struktur seperti penelitian yang telah dilakukan Gilbert & Sakka, (2007). Perbandingan beban dan lendutan masing-masing varian benda uji ditampilkan pada grafik Gambar 15.

Analisis daktilitas struktur dimulai dari lendutan pada fase leleh sampai dengan lendutan maksimum. Dari Gambar 15 dapat diketahui terdapat rentang yang panjang dari lendutan leleh sampai dengan lendutan maksimum pada pelat pembanding, sedangkan dengan bertambahnya segmen beton, maka rentang tersebut semakin pendek.

Daktilitas pada pelat beton segmental (μ = *Displacement ductility factor*) dianalisis dengan membagi besar lendutan pada saat keruntuhan (δ_u) dengan lendutan saat leleh (δ_y). Berikut merupakan perbandingan daktilitas pada masing-masing variasi benda uji seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukan bahwa jumlah segmen pada pelat beton segmental mempengaruhi daktilitas struktur, sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Irawan dkk., 2017 serta Liu dkk. (2020) dimana penambahan

Tabel 4. Daktilitas beton segmental

Tipe pelat	δ_u (mm)	δ_y (mm)	μ (Daktilitas)
Pelat pembanding (B)	54,38	10,03	5,42
1 Segmen (1S)	31,89	9,56	3,34
2 Segmen (2S)	25,02	9,38	2,67
4 Segmen (4S)	11,72	10,32	1,14
8 Segmen (8S)	11,25	9,87	1,14

sambungan (*joint*) akan memperlemah daktilitas struktur. Daktilitas yang semakin menurun mengakibatkan perilaku pelat yang getas terlebih bila dukungan daktilitas tulangan juga rendah (Tuladhar & Lancini., 2014) sehingga keruntuhan dapat terjadi secara mendadak (Gilbert & Sakka, 2007).

4. Kesimpulan

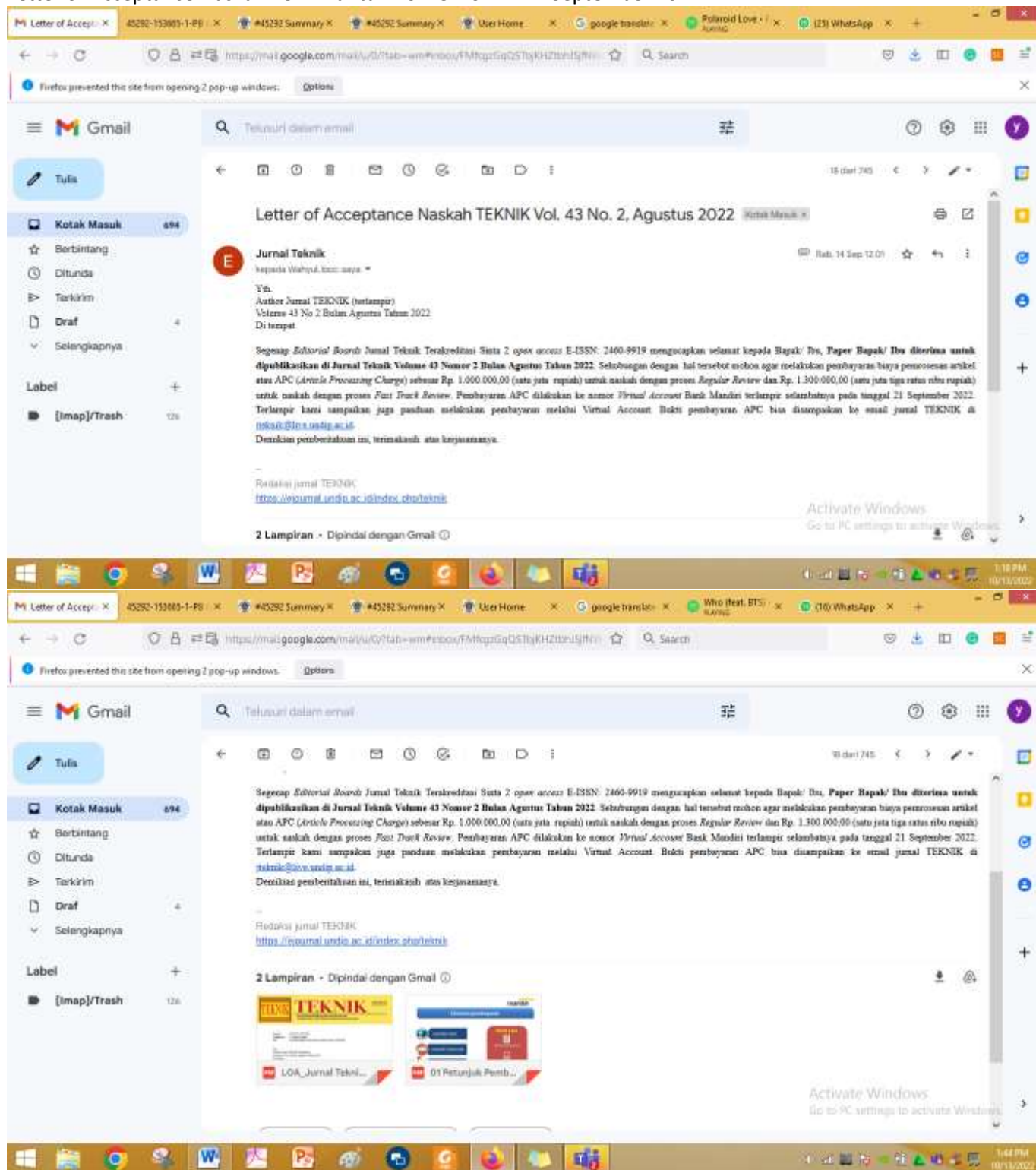
Kesimpulan mengenai kapasitas beban pada penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Hermawan & Mulya (2011) dimana jumlah segmen pelat beton segmental berpengaruh pada kapasitas beban yang mampu diterima pelat beton, sehingga kesimpulan ini dapat menjawab latar belakang permasalahan dimana penafsiran penurunan persentase beban ultimit dengan bertambahnya segmen pada pelat beton dapat dimodelkan dengan persamaan ($P_n = 100 \cdot e^{-0.011n}$) dimana P_n adalah beban ultimit pelat segmental dengan jumlah segmen n segmen.

Kekakuan dan daktilitas yang mewakili perilaku pelat beton segmental sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya seperti pada penelitian yang dilakukan Leman, Itang, & Wijaya (2018) mengenai kekakuan pelat keraton dan penelitian yang dilakukan Gilbert & Sakka (2007) dimana penambahan sambungan (*joint*) dapat berpengaruh pada kekakuan dan daktilitas pelat beton, dimana semakin banyak segmen maka semakin kecil kekakuan dan daktilitas dari struktur beton segmental.

Daftar Pustaka

- Al-Fakher, U., Manalo, A., Ferdous, W., Aravinthan, T., Zhuge, Y., Bai, Y., & Edoo, A. (2021). Bending behaviour of precast concrete slab with externally flanged hollow FRP tubes. *Engineering Structures*, 241, 112433.
- SNI 1974:2011. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji silinder. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 4431:2011. (2011) Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 2052:2017 (2017).Baja Tulangan Beton. Badan Standardisasi Nasional. (2017).
- Gilbert, R. I., & Sakka, Z. I. (2007). Effect of reinforcement type on the ductility of suspended reinforced concrete slabs. *Journal of structural engineering*, 133(6), 834-843.
- Hazairin, B. H., & Arrasyid, M. A. (2013). Kajian Perilaku Lentur Pelat Keramik Beton (Keraton). *Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 7(Okttober), 39–45.
- Hermawan, A. R., & Mulya, E. S. (2011). Balok Precast Segmental Dengan Sistim Sambungan Boned Nonprestressed. *Jurnal Poli-Teknologi*, 10(1), 39–47
- Irawan, D., Iranata, D., & Suprobo, P. (2017). Experimental study of two way half slab precast using triangular rigid connection of precast concrete component. *Int. J. Appl. Eng. Res*, 12, 744-754.
- Leman, S., Itang, F., & Wijaya, J. (2018). Kajian Kekuatan Balok Keraton. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, 2(1), 285-290
- Liu, J., Hu, H., Li, J., Chen, Y. F., & Zhang, L. (2020). Flexural behavior of prestressed concrete composite slab with precast inverted T-shaped ribbed panels. *Engineering Structures*, 215, 110687.
- Nawy, E. G., Surjaman, T., & Suryoatmono, B. (2010). Beton Bertulang: suatu pendekatan dasar. Bandung: Eresco.
- Paulay, T., & Priestley, M. N. (1992). Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings (Vol. 768). New York: Wiley.
- Rochman, T., Rasidi, N., & Purnomo, F. (2021). The Flexural Performance Of Lightweight Foamed Precast Concrete Slabs: Experimental And Analysis. *Geomate Journal*, 20(77), 24-32.
- Tuladhar, R. Lancini, B.J. (2014). Ductility of Concrete Slabs Reinforced with Low Ductility welded wire fabric and Steel Fiber. *Structural Engineering and Mechanic*. Vol 49(4).pp. 449-461
- Wu, X., Xia, X., Kang, T., Han, J., & Kim, C. S. (2018). Flexural behavior of precast concrete wall-steel shoe composite assemblies with dry connection. *Steel and Composite Structures*, 29, 545-555.
- Zdanowicz, K., & Marx, S. (2022). Flexural behaviour of thin textile reinforced concrete slabs enhanced by chemical prestressing. *Engineering Structures*, 256, 113946.

10. Letter of Acceptance Naskah Teknik untuk Vol 43 No 2 ---14 September 2022



LoA

Nomor : 001/JT/L/IX/2022
Lampiran : 1 (satu) lembar
Hal : Pemberitahuan Penerimaan Artikel Jurnal TEKNIK

Yth.
Author Jurnal TEKNIK (terlampir)
Volume 43 No 2 Bulan Agustus Tahun 2022
Di tempat

Segenap *Editorial Boards* Jurnal Teknik Terakreditasi Sinta 2 *open access* E-ISSN: 2460-9919 mengucapkan selamat kepada Bapak/ Ibu, **Paper Bapak/ Ibu diterima untuk dipublikasikan di Jurnal Teknik Volume 43 Nomor 2 Bulan Agustus Tahun 2022.** Sehubungan dengan hal tersebut mohon agar melakukan pembayaran biaya pemrosesan artikel atau APC (*Article Processing Charge*) sebesar Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah) untuk naskah dengan proses *Regular Review* dan Rp. 1.300.000,00 (satu juta tiga ratus ribu rupiah) untuk naskah dengan proses *Fast Track Review*. Pembayaran APC dilakukan ke nomor *Virtual Account* Bank Mandiri terlampir selambatnya pada tanggal 19 September 2022. Bukti pembayaran APC bisa disampaikan ke email jurnal TEKNIK di jteknik@live.undip.ac.id.
Demikian pemberitahuan ini, terimakasih atas kerjasamanya.

Editor in Chief
Jurnal TEKNIK. S2. E-ISSN: 2460-9919



Dr. Eng Wahyul Amien Syafei, ST, MT
NIP 197112181995121001

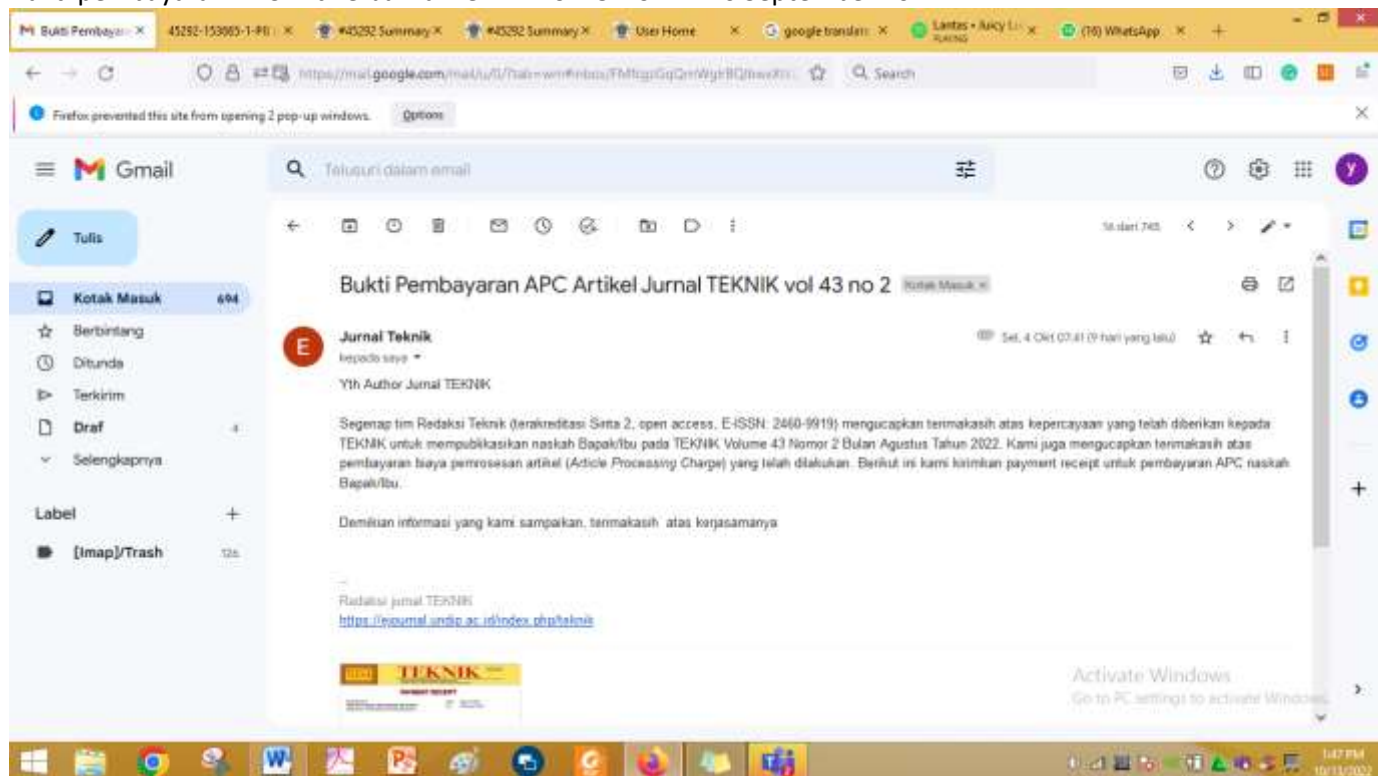
Tembusan:

1. Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kemahasiswaan FT UNDIP
2. Ybs.

Daftar Penulis Jurnal TEKNIK Vol. 43 No. 2 Tahun 2022

No	Author	Review Process	VA Number	Name on VA
1	Edi Purwanto, Very Darmawan	Regular Review	8855103052210013	38536 Edi Purwanto dkk
2	Yulita Arni Priastiwi, Ilham Nurhuda, Edo Antonio	Fast Track Riview	8855103052210014	45292 Yulita Arni Priastiwi dkk
3	Nadry Heroza, Adjar Pratoto	Regular Review	8855103052210015	37333 Nadry Heroza dkk
4	Slash Arthur Edi Sumawang, Subuh Pramono	Regular Review	8855103052210016	44519 Slash Arthur Edi Sumawang dkk
5	Yopi Yusuf Tanoto, Vincensius Filbert, Ronaldo Febrian, Nicholas Adriel	Regular Review	8855103052210017	43301 Yopi Yusuf Tanoto dkk
6	Hadha Afrisal, Ghanis Kauchya Nugraha, Aan Aria Nanda, Ahmad Didik Setiyadi, Olimjon Toirov, Rifky Ismail,, Wahyul Amien Syafei, Munawar Agus Riyadi, Iwan Setiawan	Fast Track Riview	8855103052210018	45642 Hadha Afrisal dkk
7	Jati Utomo Dwi Hatmoko, Arif Hidayat, Moammar Zachari, Satria Sentik Herman Merukh	Fast Track Riview	8855103052210019	45876 Jati Utomo Dwi Hatmoko dkk
8	Ari Wibawa Budi Santosa, Reimigius Baskatara Bung kang, Oc id Mursid	Fast Track Riview	8855103052210020	45612 Ari Wibawa Budi Santosa dkk
9	Ichsan Arsyi Putra, Oky Dwi Nurhayati, Dania Eridani	Fast Track Riview	8855103052210021	46439 Ichsan Arsyi Putra dkk
10	Silviana Silviana, Cantika Aulia Salsabila	Regular Review	8855103052210022	40855 Silviana Silviana dkk
11	Bandi Sasmito, Nurhadi Bashit, Erliza Rachmadiana	Regular Review	8855103052210023	46469 Bandi Sasmito dkk

11. Bukti pembayaran APC Artikel Jurnal Teknik Vol 43 No 2 ---26 September 2022



12 Paper terbit



TEKNIK

Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Kerekayasaan

Available online at: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>

Indikator Penentu Kepuasan dalam Penilaian Kota Layak Huni Menggunakan Metode *Important Performance Analysis*

Studi Eksperimental Jumlah Segmen terhadap Kekuatan dan Kekakuan Pelat Lantai Beton

Analisis Eksergi pada Pembangkit Listrik yang Memanfaatkan Panas Buangan di PT Semen Padang

Analisis Perubahan Jumlah *Slot* pada *Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)* untuk Mencapai Nilai Optimal *Back EMF* dan *KE* berbasis *Finite Element Method (FEM)*

Optimasi Multirespon pada Proses *3D Printing Material* ABS dengan Metode *Taguchi-PCR Topsis*

Mobile Robotic-Arm Development for a Small-Scale Inter-Room Logistic Delivery using 2D LIDAR-guided Navigation

Investigasi Pengaruh Keterlambatan Pembayaran Proyek Konstruksi dari *Owner* kepada Kontraktor

Analisis Perubahan Konsentrasi *Total Suspended Solid* secara *Multitemporal* Menggunakan Citra Sentinel 2A (Studi Kasus: Danau Rawa Pening, Jawa Tengah)

Human Action Recognition (HAR) Classification Using MediaPipe and Long Short-Term Memory (LSTM)

Analisis Pengaruh Metode *Hot Dip Galvanizing* dengan Variasi Temperatur dan Waktu Pencelupan Terhadap Laju Korosi Pipa Air Laut

Non-Microplastic Microbeads From Sago Liquid Waste With The Addition Of Chitosan as Antibacterial Function: A Review

TEKNIK	Vol. 43 No. 2	Halaman 112 - 221	Agustus 2022
--------	------------------	----------------------	--------------

FOKUS, RUANG LINGKUP, DAN INDEKSASI TEKNIK

TEKNIK (ISSN 0852-1697; <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>) adalah *peer-reviewed journal* terakreditasi Ristekdikti (S2) yang mempublikasikan artikel-artikel ilmiah dari berbagai disiplin ilmu rekayasa/keteknikan, meliputi:

- Teknik Sipil
- Teknik Arsitektur
- Teknik Kimia
- Teknik Mesin
- Teknik Elektro
- Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota
- Teknik Industri
- Teknik Lingkungan
- Teknik Perkapalan
- Teknik Geologi
- Teknik Geodesi
- Teknik Teknik Komputer

Artikel-artikel yang dipublikasikan meliputi hasil-hasil penelitian ilmiah asli (prioritas utama), artikel ulasan ilmiah yang bersifat baru (tidak prioritas), atau komentar atau kritik terhadap tulisan yang ada. TEKNIK menerima manuskrip atau artikel dalam bidang teknik/rekayasa dari berbagai kalangan akademisi dan peneliti baik nasional maupun internasional.

Artikel-artikel yang dimuat adalah artikel yang telah melalui proses penelaahan oleh Dewan Penyunting dan / atau Mitra Bebestari (*peer-reviewers*). Keputusan diterima atau tidaknya suatu artikel ilmiah di jurnal ini menjadi hak dari Dewan Penyunting berdasar rekomendasi Mitra Bebestari.

INFORMASI INDEKSASI JURNAL

TEKNIK (ISSN 0852-1697; <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>) adalah *peer-reviewed journal* yang sudah terindeks di beberapa pengindeks bereputasi, antara lain: *Google Scholar*; *Directory of Open Access Journal (DOAJ)*; *Indonesian Publication Index (IPI)*, *Sherpa/Romeo*, dan *SINTA Science and Technology Index*.



TIM EDITOR

Ketua Penyunting (Editor in Chief):

Dr. Eng. Wahyul Amien Syafei, S.T., M.T. (*Teknik Elektro, Universitas Diponegoro*)

Dewan Penyunting (Editorial Board):

Prof. Dr. Istadi, S.T., M.T. (*Teknik Kimia, Universitas Diponegoro*)
Prof. Dr. Ir. A. P. Bayuseno, M.Sc. (*Teknik Mesin, Universitas Diponegoro*)
Prof. Dr. Ir. Sri Prabandiyani, M.Sc. (*Teknik Sipil, Universitas Diponegoro*)
Prof. Dr. Ir. Atik Suprapti, M.T. (*Teknik Arsitektur, Universitas Diponegoro*)
Dr. Ir. Maria Wahyuni, M.T. (*Teknik Sipil, Universitas Katholik Soegijapranata*)

Penyunting Bagian (Section Editor):

Dr. Yasser Wahyuddin, S.T., M.T., M.Sc.
Dr. Iwan Setiawan, S.T., M.T.

Mitra Bebestari (Peer-Reviewers):

Prof. Dr. Ir. Atik Suprapti, M.T. (*Teknik Arsitektur, Universitas Diponegoro*)
Prof. Dr. Ir. Antonius, MT (*Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung*)
Muhammad Zakiyullah Romdlony, S.T., M.T., Ph.D (*Teknik Elektro, Universitas TELKOM*)
Dr. Ir. Remon Lapisa, M.T., M.Sc. (*Teknik Mesin, Universitas Negeri Padang*)
Harsano Jayadi, S.Si., M. Sc. (*Teknik Geologi, Universitas Tadulako*)
Rusnaldy, S.T., M.T., Ph.D (*Teknik Mesin, Universitas Diponegoro*)
Dr. Abdul Syakur, S.T., M.T. (*Teknik Elektro, Universitas Diponegoro*)
Dr. Eng. Wahyul Amien Syafei, S.T., M.T. (*Teknik Elektro, Universitas Diponegoro*)
Dr. Iwan Setiawan, S.T., M.T. (*Teknik Elektro, Universitas Diponegoro*)
Ir. Sumardi, S.T., M.T., IPM. (*Teknik Elektro, Universitas Diponegoro*)
Dr. Yasser Wahyuddin, S.T., M.T., M.Sc. (*Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro*)
Dr. Firman Hadi, S.Si., MT. (*Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro*)
Agung Budi Prasetijo, S.T, M.IT., Ph.D. (*Teknik Komputer, Universitas Diponegoro*)

Staf Editorial & Technical Support:

Lis Setyowati, S.Sos., M.A.
Muhamad Taqiyyuddin, S.T.

Penerbit:

Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Sekretariat: Dekanat Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. H. Soedarto, Kampus Undip
Tembalang, Semarang, Tel. (024) 7460053
Website: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>;
E-mail: jteknik@live.undip.ac.id

KATA PENGANTAR

TEKNIK (p-ISSN 0852-1697, e-ISSN: 2460-9919) adalah jurnal ilmiah terakreditasi Nasional Ristekdikti (S2), yang diterbitkan oleh Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Volume 43 Nomor 2 Tahun 2022 (Agustus 2022) merupakan edisi kedua untuk penerbitan tahun 2022. Artikel-artikel yang diterbitkan oleh TEKNIK telah dipublikasi secara *Fulltext* dan *Open Access* dalam format PDF secara online di <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>. Mulai tahun 2014, hanya artikel-artikel yang berasal dari hasil-hasil penelitian yang dapat dimuat di TEKNIK.

Artikel-artikel yang dipublikasikan oleh TEKNIK ini adalah artikel-artikel yang sudah melalui proses penilaian atau *review* oleh Mitra Bebestari dan/atau Dewan Penyunting. Penulis harus memperhatikan kualitas isi artikel sesuai petunjuk penulisan artikel dan komentar dari Mitra Bebestari yang ditampilkan di masing-masing penerbitan atau dapat diunduh di website jurnal tersebut. Jumlah artikel yang terbit pada nomor ini sebanyak 11 judul, meliputi bidang-bidang Teknik Elektro, Teknik Mesin, Teknik Sipil, Teknik Geodesi, Teknik Komputer, Teknik Perkapalan, dan Teknik Kimia. TEKNIK Volume 43 Nomor 2 Tahun 2022 ini menyajikan karya penulis dengan beragam afiliasi, baik dari Indonesia maupun manca negara. Penulis manca negara yang memberikan kontribusi naskah dalam edisi ini datang dari Tashkent State Technical University, Uzbekistan. Adapun penulis dalam negeri, berasal dari Universitas Diponegoro, Universitas Sebelas Maret, Universitas Andalas, dan Universitas Kristen Petra.

Dewan Penyunting terus berusaha untuk meningkatkan layanan dan mutu jurnal sehingga dapat menjadi salah satu acuan yang penting dalam perkembangan ilmu-ilmu keteknikan. Penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Penulis, Mitra Bebestari, Dewan Penyunting, Staf *Editorial & Technical Support*, dan seluruh pihak yang mendukung kelancaran penerbitan jurnal ini.

Dewan Penyunting juga mengharapkan artikel ilmiah yang terbaik dari para pembaca dan penulis untuk dapat diterbitkan pada Volume 43 Nomor 3 Tahun 2022 (Desember 2022), tentu saja setelah lolos dari proses telaah oleh Dewan Penyunting dan/atau Mitra Bebestari. Mulai Volume 35 Tahun 2014, TEKNIK tampil dengan gaya selingkung dan format artikel baru serta dilengkapi dengan *Digital Object Identifier* (DOI). Semua ini menuju TEKNIK yang lebih baik. Petunjuk penulisan lengkap untuk tahun 2022 ditampilkan di Website: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>.

Salam dan hormat,
Ketua Penyunting

DAFTAR ISI

Fokus, Ruang Lingkup, dan Indeksasi TEKNIK	i
Tim Editor	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Indikator Penentu Kepuasan dalam Penilaian Kota Layak Huni Menggunakan Metode <i>Important Performance Analysis</i> Edi Purwanto, Very Darmawan Departemen Arsitektur Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro	112-123
Studi Eksperimental Jumlah Segmen terhadap Kekuatan dan Kekakuan Pelat Lantai Beton Segmental Yulita Arni Priastiwi, Ilham Nurhuda, Edo Antonio Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro	124-130
Analisis Eksergi pada Pembangkit Listrik yang Memanfaatkan Panas Buangan di PT Semen Padang Nadry Heroza, Adjar Pratoto Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Andalas	131-139
Analisis Perubahan Jumlah Slot pada <i>Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)</i> untuk Mencapai Nilai Optimal <i>Back EMF</i> dan <i>KE</i> berbasis <i>Finite Element Method (FEM)</i> Slash Arthur Edi Sumawang, Subuh Pramono Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret	140-146
Optimasi Multirespon pada Proses <i>3D Printing Material ABS</i> dengan Metode Taguchi-PCR Topsis Yopi Yusuf Tanoto, Vincensius Filbert, Ronaldo Febrian, Nicholas Adriel Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra	147-157
<i>Mobile Robotic-Arm Development for a Small-Scale Inter-Room Logistic Delivery using 2D LIDAR-guided Navigation</i> Hadha Afrisal*, Ghanis Kauchya Nugraha, Aan Aria Nanda, Ahmad Didik Setiyadi, Olimjon Toirov, Rifky Ismail,, Wahyul Amien Syafei, Munawar Agus Riyadi, Iwan Setiawan Department of Electrical Engineering, Universitas Diponegoro; Department of Mechanical Engineering, Universitas Diponegoro; Center for Biomechanics, Biomaterials, Biomechatronics, and Biosignal Processing (CBIOM3S); Department of Electrical Machine, Tashkent State Technical University	158-167
Investigasi Pengaruh Keterlambatan Pembayaran Proyek Konstruksi dari Owner kepada Kontraktor Jati Utomo Dwi Hatmoko, Arif Hidayat, Moammar Zachari, Satria Sentik Herman Merukh Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro	168-177
Analisis Perubahan Konsentrasi <i>Total Suspended Solid</i> secara <i>Multitemporal</i> Menggunakan Citra Sentinel 2A (Studi Kasus: Danau Rawa Pening, Jawa Tengah) Bandi Sasmito, Nurhadi Bashit, Erliza Rachmadiana Departemen Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro	178-189

<i>Human Action Recognition (HAR) Classification Using MediaPipe and Long Short-Term Memory (LSTM)</i> <i>Ichsan Arsyi Putra, Oky Dwi Nurhayati , Dania Eridani</i> <i>Departemen Teknik Komputer, Universitas Diponegoro</i>	190-201
<i>Analisis Pengaruh Metode Hot Dip Galvanizing dengan Variasi Temperatur dan Waktu Pencelupan Terhadap Laju Korosi Pipa Air Laut</i> <i>Ari Wibawa Budi Santosa, Reimigius Baskatara Bung kang, Oc id Mursid</i> <i>Departemen Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro</i>	202-210
<i>Non-Microplastic Microbeads From Sago Liquid Waste With The Addition Of Chitosan as Antibacterial Function: A Review</i> <i>S. Silviana, Fakhri Santo Khoirudin, Ferris Andhika Pratama, Rizky Putri Adelina Harahap, Alfi Hasanah, Queen Ruhmaningrum, Lailatul Khoiriyah, Saskia Vianova, Michelle Nabillaris a Qori Santoso, Yoga Anugra Guslamari, Cantika Aulia Salsabila</i> <i>Departemen Teknik Kimia, Universitas Diponegoro</i>	211-221
<i>Petunjuk Penulisan 2022 (Author Guidelines 2022)</i>	<i>App. 1-5</i>

Studi Eksperimental Jumlah Segmen terhadap Kekuatan dan Kekakuan Pelat Lantai Beton Segmental

Yulita Arni Priastiwi*, Ilham Nurhuda, Edo Antonio

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Beton segmental merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk konstruksi plat lantai. Metode ini dilakukan dengan menyusun beberapa segmen beton berukuran kecil sehingga menjadi satu kesatuan struktur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah segment terhadap perilaku dan kekuatan pelat lantai beton, ditinjau dari kapasitas beban, lendutan maksimum, dan kekakuan dari pelat lantai beton pracetak segmental. Benda uji yang digunakan untuk pengujian pelat lantai beton pracetak segmental menggunakan beton dengan kuat tekan (f'_c) 25 MPa, dan baja tulangan tarik 2-D10. Dimensi panel pelat yang digunakan mempunyai panjang dua meter dan lebar 25 cm. Panel pelat beton segmental yang akan diuji mempunyai 5 variasi yaitu benda uji pelat beton tanpa segmen, benda uji satu segmen menggunakan topping beton, benda uji dua segmen, benda uji empat segmen, dan benda uji delapan segmen. Pengujian pelat lantai beton pracetak segmental dilakukan dengan metode pengujian lentur satu arah dengan dua titik pembebanan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapasitas beban pelat segmental, kekakuan pelat segmental, dan daktilitas pelat segmental berbanding terbalik dengan jumlah segmen pelat lantai beton. Penurunan persentase beban ultimit pelat beton segmental dengan jumlah n -segmen dapat dimodelkan dengan persamaan $P_n = 100.e^{-0,111.n}$.

Kata kunci: beton pracetak; beton segmental; pelat lantai beton; pelat beton segmental; pelat lantai pracetak

Abstract

[Title: Experimental Study to Investigate the Effect of Number of Segments on Strength and Stiffness of Segmental Precast Concrete Slab] small-sized segmental concrete blocks into a concrete structure. The objectives of this study are to examine the effect of the number of segments on the behavior and strength of the segmental concrete slab, in terms of load capacity, maximum deflection, and stiffness of segmental concrete slab. The specimens used concrete grade f'_c 25 MPa with tension bar 2-D10. The dimension of specimen were 2 meter length and 25 cm width. The specimen were varied into 5 conditions, namely monolithic slab without segmental blocks specimens, one segment with concrete topping, two-segment specimens, four-segment specimens, and eight-segment specimens. The experimental tests were carried out using a one-way flexural test method with two points loading. Research results show that the load capacity, the stiffness, and the ductility of the segmental slabs decrease with the increase of segment numbers. The reduction of ultimate load percentage of segmental concrete slab with n number of segment can be estimated using equation $P_n = 100.e^{-0,111.n}$.

Keywords: precast concrete; segmental concrete; concrete slab; segmental concrete slab; precast concrete slab

1. Pendahuluan

Pelat lantai beton adalah struktur beton yang

berfungsi untuk menopang beban lantai di atasnya. Pelaksanaan pelat yang masih sering kita jumpai di lapangan merupakan metode konvensional. Pada metode pembuatan pelat lantai konvensional, perancah (*scaffolding*) harus disiapkan terlebih dahulu untuk

*) Penulis Korespondensi.

E-mail: yulitaarnipriastiwi@gmail.com

menopang bekisting pelat (shoring formwork). Beberapa langkah tersebut membuat pengerjaan lantai membutuhkan waktu yang relatif lama.

Di sisi lain, penggunaan beton pracetak pada dunia konstruksi saat ini sedang berkembang. Penggunaan beton pracetak banyak dipakai dalam berbagai macam bangunan, seperti jembatan layang dan gedung. Salah satu keuntungan dari beton pracetak yaitu waktu pengerjaan yang relatif lebih cepat dan bisa dikontrol kualitasnya (Wu dkk., 2018). Beton segmental (*segmental concrete*) adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk konstruksi pelat lantai yaitu dengan menyusun beberapa segmen beton berukuran kecil sehingga menjadi satu kesatuan struktur.

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait pelat lantai beton pracetak segmental. Hazairin dkk. (2013) meneliti tentang pelat lantai keraton (keramik-beton). Pelat keraton merupakan pelat segmental yang terbuat dari tanah liat yang diberi rongga-rongga pada penampangnya dengan tujuan untuk mengurangi berat dari segmen tersebut. Pelat segmental keraton mempunyai ukuran yang seragam dengan panjang per-segmen adalah 25 cm. Penampang segmental keraton ditampilkan pada Gambar 1.

Hazairin dkk. (2013) mengungkapkan bahwa kesatuan elemen segmental menjadi hal penting yang harus diperhatikan agar struktur dapat bekerja dengan baik. Lebih lanjut Hazairin dkk. (2013) merangkai segmental keraton menjadi satu kesatuan pelat seperti yang terlihat pada Gambar 2. Hasil penelitian tersebut

menunjukkan bahwa tanpa adanya perkuatan arah transversal maka sambungan antar segmen dapat membuka pada arah transversal yang dapat mengurangi kinerja pelat.

Kekuatan (kapasitas beban) dan daktilitas adalah hal penting yang perlu diketahui pada struktur beton pracetak segmental. Hermawan & Mulya (2011) meneliti sambungan antar segmen pada balok beton pracetak yang di sambung di bagian tengah balok seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa balok pracetak segmental yang dibuat secara baik mampu memberikan kekuatan dan daktilitas yang baik, meskipun lebih kecil dari kekuatan dan daktilitas balok beton monolit.

Hermawan & Mulya (2011) telah meneliti pengaruh sambungan transversal pelat pracetak, sedangkan penelitian yang dilakukan Hazairin dkk. (2013) mengkaji pengaruh panjang struktur pada perilaku dan kekuatan struktur, serta pengaruh sambungan pada perilaku dan kekuatan struktur beton pracetak segmental. Sejauh ini, belum dilakukan studi terkait pengaruh jumlah segmen terhadap perilaku struktur. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah segmen pada perilaku pelat lantai beton segmental. Perilaku yang ditinjau adalah kekakuan, kapasitas beban, dan pola keruntuhan struktur.

2. Alat dan Bahan

2.1 Metode Eksperimental

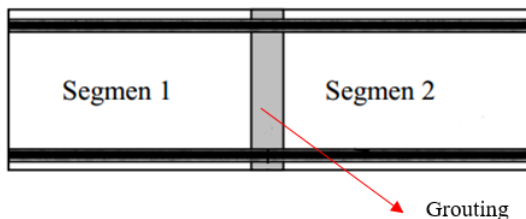
Panel beton segmental dirancang mempunyai



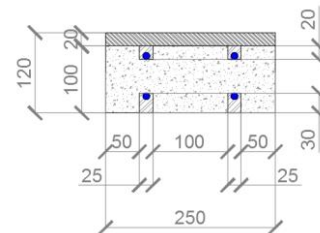
Gambar 1. Penampang segmental keraton (Hazairin dkk., 2013)



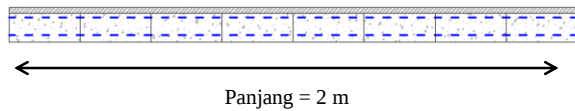
Gambar 2. Keraton yang telah dirangkai menjadi pelat (Hazairin dkk., 2013)



Gambar 3. Gambar potongan benda uji beton pracetak (Hermawan & Mulya, 2011)



Gambar 4. Penampang & dimensi beton segmental



Gambar 5. Potongan memanjang benda uji beton segmental

panjang 2 m dengan rangkaian segmen yang mempunyai panjang bervariasi yaitu 250 mm, 500 mm, 1000 mm, dan 2000 mm. Penampang panel beton segmental berukuran tebal 120 mm dan lebar 250 mm. Potongan melintang dan dimensi penampang benda uji beton segmental ditampilkan pada Gambar 4, sedangkan potongan memanjang beton segmental ditampilkan pada Gambar 5. Bagan alir penelitian pelat lantai beton pracetak segmental ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 7 menunjukkan metode pengujian beton segmental dimana pengujian pelat beton segmental dilakukan dengan metode lentur satu arah dengan dua titik pembebanan (*two points load*) sesuai SNI 4431: 2011. Jarak antar tumpuan pada pengujian adalah 1800 mm dengan titik pembebanan pada jarak 600 mm dari tumpuan. Untuk mengetahui besarnya beban maka digunakan *Load Cell* kapasitas 100 kN. Lendutan benda uji pada arah vertikal diukur menggunakan LVDT vertikal yang dipasang pada tengah bentang benda uji yang berjarak 900 mm dari tumpuan, dan sebagai pembanding dipasang LVDT vertikal pada jarak 450 mm dari tumpuan (seperempat bentang). Set up pengujian pelat beton segmental ditampilkan pada Gambar 7, sedangkan perencanaan jumlah benda uji penelitian beton segmental disajikan pada Tabel 1.

2.2 Analisis Hubungan Beban dan Lendutan

Kuat lentur struktur beton tersedia karena berlangsungnya mekanisme tegangan regangan dalam yang timbul di dalam beton yang pada keadaan tertentu dapat diwakili oleh gaya-gaya dalam (Nawy dkk., 2010). Peningkatan beban linear akan disertai dengan munculnya daerah asal retak dimana lendutan benda uji juga akan semakin meningkat (Zdanowicz & Marx, 2022). Fase non linear adalah kondisi setelah fase linear pada kurva. Fase non linear ditandai dengan adanya retak pertama dan melendutnya beton beserta tulangan tarik (Al-Fakher dkk., 2021).

Hubungan pendekatan beban dan lendutan pada

Tabel 2. Persentase Beban ultimit

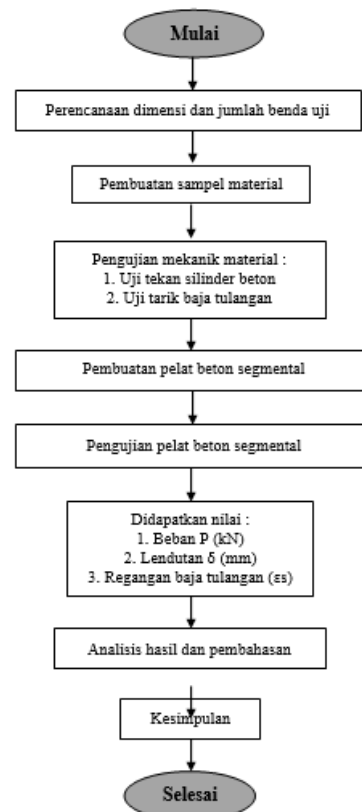
Tipe Pelat	P_u (kN)	Persentase (%)
Pelat pembanding (B)	18,942	100
1 Segmen (1S)	17,424	85,7
2 Segmen (2S)	16,104	77,1
4 Segmen (4S)	14,388	55,8
8 Segmen (8S)	11,463	44,9

beton bertulang sampai melewati beban maksimum untuk struktur beton dapat dibuat seperti terlihat pada Gambar 8. Kurva hubungan beban dan lendutan pada Gambar 8 menunjukkan bahwa kekakuan merupakan hubungan antara beban dan lendutan, sehingga kekakuan dapat dihitung dengan membagi beban dengan lendutan. Nilai kekakuan dapat dihitung menggunakan Persamaan 1,

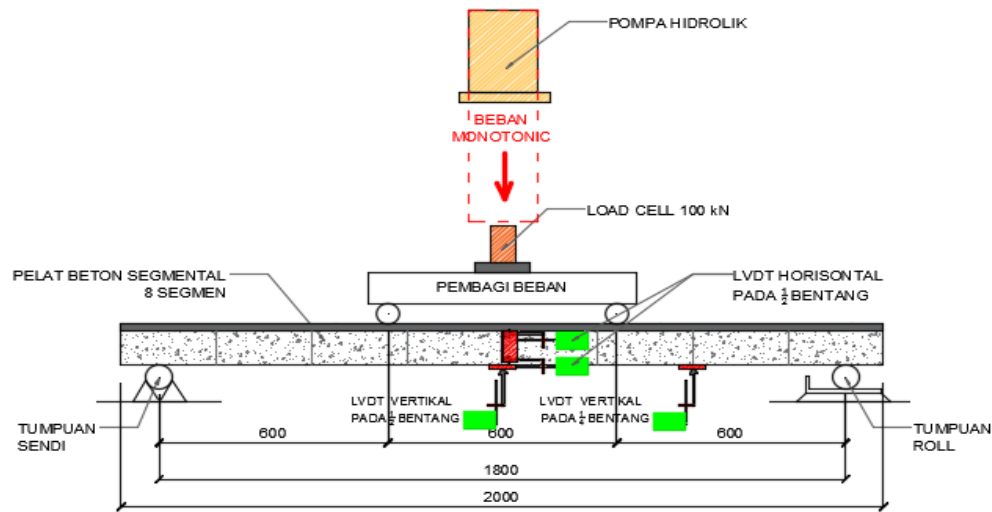
$$k = \frac{P}{\delta} \quad (1)$$

dimana k merupakan kekakuan beton; P merupakan beban yang terjadi (kN); dan δ adalah lendutan yang terjadi (mm).

Hubungan beban dan lendutan juga digunakan untuk menghitung besarnya daktilitas struktur beton bertulang. Daktilitas adalah kemampuan suatu struktur untuk mengalami lendutan yang cukup besar pada saat beban maksimal tercapai sebelum mengalami keruntuhan (Paulay & Priestley, 1992). Struktur yang bersifat daktil akan mampu menahan beban yang meningkat secara signifikan tanpa mengalami keruntuhan (Gilbert & Sakka, 2007). Besarnya daktilitas maksimum diidentifikasi sebagai *displacement ductility factor* (μ) yang ditunjukkan pada Persamaan 2.



Gambar 6. Bagan alir penelitian



Gambar 7. Metode pengujian pelat beton segmental

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad (2)$$

dimana μ adalah *displacement ductility factor*; δ_u merupakan lendutan ultimit (mm); dan δ_y adalah lendutan saat leleh (mm).

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian pelat beton segmental diawali dengan melakukan pengujian mekanik material terlebih dahulu. Pengujian mekanik material yang dilakukan yaitu pengujian tekan silinder beton dan pengujian kuat tarik baja tulangan.

Uji tekan silinder beton dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang akan dipakai dalam pengujian (SNI 1974:2011). Hasil uji tekan silinder beton diperoleh kuat tekan silinder rata-rata yaitu 26,31 MPa yang melebihi nilai 25 MPa sebagai batasan penelitian pelat segmental.

Pengujian kuat tarik baja tulangan dilakukan untuk mengetahui mutu baja yang digunakan untuk menahan gaya tarik (SNI 2052:2017). Perencanaan mutu baja yang digunakan yaitu menggunakan mutu baja BJTS 520 dengan rencana tegangan leleh baja 600

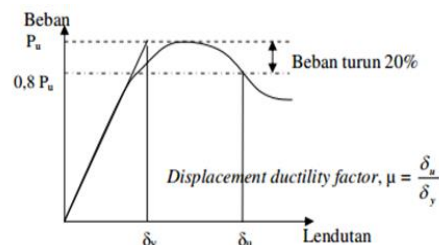
MPa. Hasil pengujian tarik baja tulangan diperoleh tegangan leleh baja (f_y) sebesar 620,37 MPa dimana nilai tegangan leleh tersebut memenuhi persyaratan batasan penelitian.

Hasil pengujian pelat beton segmental berupa data beban dan lendutan pada $\frac{1}{2}$ bentang dan $\frac{1}{4}$ bentang sehingga dapat dibuat grafik hubungan beban dan lendutan untuk mengetahui perilaku pelat beton segmental. Grafik hubungan beban dan lendutan per varian benda uji ditampilkan pada Gambar 9 sampai dengan Gambar 13.

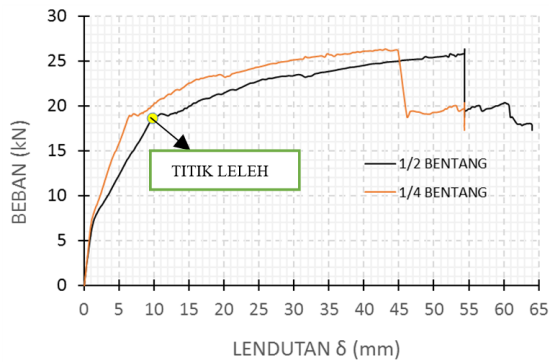
Beban ultimit merupakan beban maksimum yang membuat pelat beton segmental mengalami keruntuhan. Besarnya kapasitas beban ultimit per varian benda uji dicatat dan dibandingkan dengan kapasitas beban ultimit pelat monolit sebagai pembanding. Besar beban ultimit (P_u) tiap benda uji dan persentasenya terhadap pelat pembanding ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan persentase beban ultimit yang semakin menurun akibat bertambahnya segmen. Hasil dari kapasitas beban yang menurun sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hermawan & Mulya (2011) dimana kapasitas beban dari beton utuh lebih besar dari

Tabel 1. Perencanaan jumlah benda uji

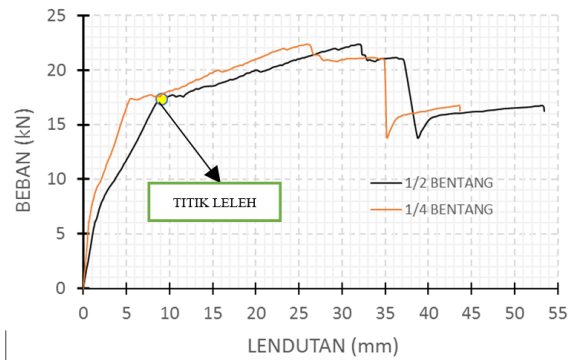
Variasi Benda uji	Kode Benda uji	Jumlah benda uji
8 Segmen	8S	1 sampel
4 Segmen	4S	1 sampel
2 Segmen	2S	1 sampel
1 Segmen	1S	1 sampel
Pelat Pembanding	B	1 Sampel



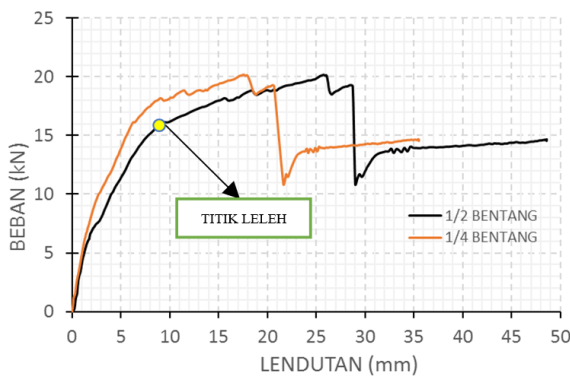
Gambar 8. Grafik hubungan beban-lendutan (Paulay & Priestley, 1992)



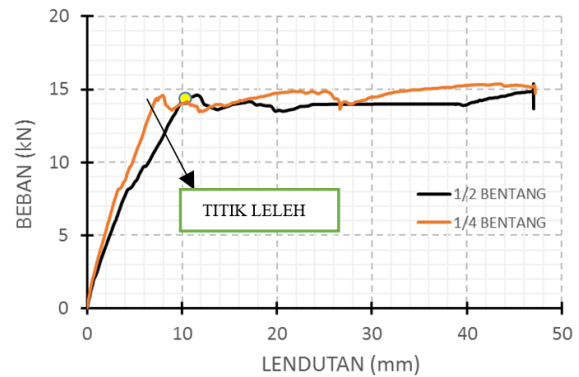
Gambar 9. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji B



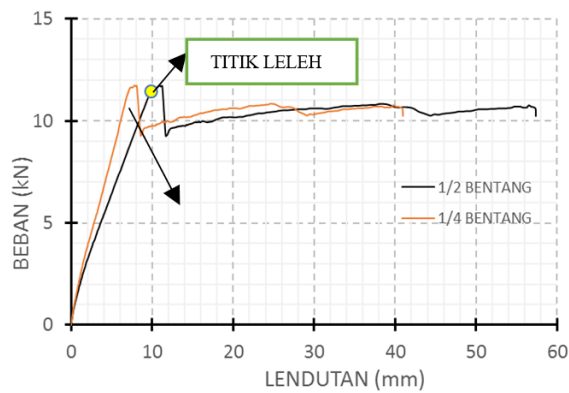
Gambar 10. Hubungan Beban dan lendutan benda uji 1S



Gambar 11. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 2S



Gambar 12. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 4S



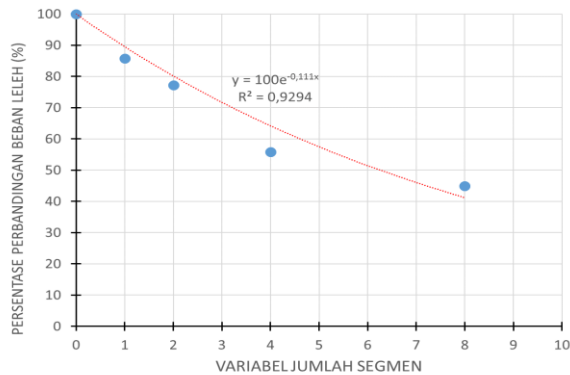
Gambar 13. Hubungan Beban dan Lendutan benda uji 8S

kapasitas beban beton *precast* atau beton sambungan (Hermawan & Mulya, 2011).

Analisis persentase penurunan kapasitas beban leleh dapat diketahui dengan membuat grafik perbandingan antara jumlah segmen dengan persentase beban leleh. Grafik pada Gambar 14 menunjukkan

bahwa semakin banyak segmen maka semakin rendah beban leleh yang dapat diterima dimana benda uji 8 segment hanya mampu menahan beban ultimit sebesar 44,9% jika dibandingkan dengan pelat kondisi utuh.

Penafsiran persentase penurunan kapasitas beban pelat segmental dimodelkan menggunakan persamaan



Gambar 14. Grafik persentase penurunan beban ultimit

eksponential dengan perhitungan statistik *Standard error of Estimate (SEp)* dan menghasilkan besaran $\pm 1,21\%$. Berdasarkan grafik pada Gambar 14 penurunan kapasitas beban pelat segmental dapat dimodelkan dengan Persamaan 3.

$$P_n = 100 \cdot e^{-0,111 \cdot n} \pm 1,21\% \quad (3)$$

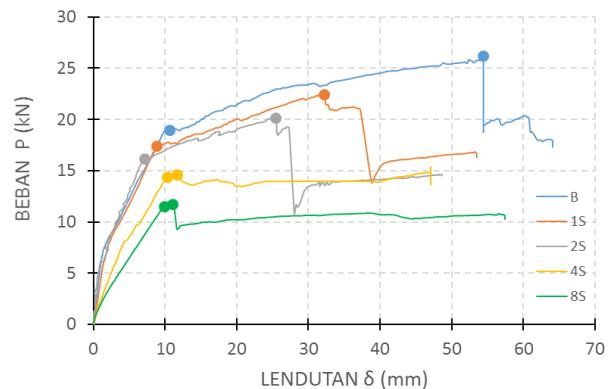
dimana P_n adalah beban ultimit pada (n) segmen; e adalah *exponential*; dan n adalah jumlah segmen.

Kekakuan pada pengujian pelat beton segmental dianalisa pada saat kondisi leleh. Setelah didapatkan beban leleh (P_y) dan lendutan leleh (δ_y) maka kekakuan beton segmental pada kondisi leleh dapat dicari. Untuk mencari kekakuan yaitu dengan membagi beban leleh dengan lendutan leleh seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan dengan bertambahnya segmen maka lendutan pada pelat akan semakin besar sesuai pada penelitian yang dilakukan Leman dkk. (2018). Hazairin dkk. (2013) telah meneliti bahwa dengan bertambahnya lendutan pada pelat segmental maka kekakuan pelat akan semakin menurun, sehingga dari hasil penelitian pada Tabel 3 membuktikan bahwa hasil penelitian sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Hazairin dkk. (2013).

Detail mengenai perilaku beton segmental dapat

Tabel 3. Nilai beban, lendutan, dan kekakuan saat kondisi leleh

Type pelat	P_y (kN)	δ_y (mm)	K_y (kN/mm)
Pelat pembanding (B)	18,942	10,03	1,889
1 Segmen (1S)	17,424	9,56	1,823
2 Segmen (2S)	16,104	9,38	1,717
4 Segmen (4S)	14,388	10,32	1,394
8 Segmen (8S)	11,463	9,87	1,161



Gambar 15. Grafik Daktilitas beton segmental

diketahui dengan menggambarkan perbandingan kurva hubungan beban dan lendutan per varian benda uji. Kurva perbandingan beban dan lendutan masing-masing benda uji juga dapat digunakan dalam mengetahui besarnya daktilitas struktur seperti penelitian yang telah dilakukan Gilbert & Sakka, (2007). Perbandingan beban dan lendutan masing-masing varian benda uji ditampilkan pada grafik Gambar 15.

Analisis daktilitas struktur dimulai dari lendutan pada fase leleh sampai dengan lendutan maksimum. Dari Gambar 15 dapat diketahui terdapat rentang yang panjang dari lendutan leleh sampai dengan lendutan maksimum pada pelat pembanding, sedangkan dengan bertambahnya segmen beton, maka rentang tersebut semakin pendek.

Daktilitas pada pelat beton segmental (μ = *Displacement ductility factor*) dianalisis dengan membagi besar lendutan pada saat keruntuhan (δ_u) dengan lendutan saat leleh (δ_y). Berikut merupakan perbandingan daktilitas pada masing-masing variasi benda uji seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukan bahwa jumlah segmen pada pelat beton segmental mempengaruhi daktilitas struktur, sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Irawan dkk. (2017) serta Liu dkk. (2020) dimana penambahan

Tabel 4. Daktilitas beton segmental

Type pelat	δ_u (mm)	δ_y (mm)	μ (Daktilitas)
Pelat pembanding (B)	54,38	10,03	5,42
1 Segmen (1S)	31,89	9,56	3,34
2 Segmen (2S)	25,02	9,38	2,67
4 Segmen (4S)	11,72	10,32	1,14
8 Segmen (8S)	11,25	9,87	1,14

sambungan (*joint*) akan memperlemah daktilitas struktur. Daktilitas yang semakin menurun mengakibatkan perilaku pelat yang getas terlebih bila dukungan daktilitas tulangan juga rendah (Tuladhar & Lancini, 2014) sehingga keruntuhan dapat terjadi secara mendadak (Gilbert & Sakka, 2007).

4. Kesimpulan

Kesimpulan mengenai kapasitas beban pada penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Hermawan & Mulya (2011) dimana jumlah segmen pelat beton segmental berpengaruh pada kapasitas beban yang mampu diterima pelat beton, sehingga kesimpulan ini dapat menjawab latar belakang permasalahan dimana penafsiran penurunan persentase beban ultimit dengan bertambahnya segmen pada pelat beton dapat dimodelkan dengan persamaan ($P_n = 100 \cdot e^{-0,011n}$) dimana P_n adalah beban ultimit pelat segmental dengan jumlah segmen n segmen.

Kekakuan dan daktilitas yang mewakili perilaku pelat beton segmental sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya seperti pada penelitian yang dilakukan Leman dkk. (2018) mengenai kekakuan pelat keraton dan penelitian yang dilakukan Gilbert & Sakka (2007) dimana penambahan sambungan (*joint*) dapat berpengaruh pada kekakuan dan daktilitas pelat beton, dimana semakin banyak segmen maka semakin kecil kekakuan dan daktilitas dari struktur beton segmental.

Daftar Pustaka

- Al-Fakher, U., Manalo, A., Ferdous, W., Aravinthan, T., Zhuge, Y., Bai, Y., & Edoo, A. (2021). Bending behaviour of precast concrete slab with externally flanged hollow FRP tubes. *Engineering Structures*, 241, 112433.
- SNI 1974:2011. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji silinder. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 4431:2011. (2011) Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 2052:2017 (2017). Baja Tulangan Beton. Badan Standardisasi Nasional. (2017).
- Gilbert, R. I., & Sakka, Z. I. (2007). Effect of reinforcement type on the ductility of suspended reinforced concrete slabs. *Journal of structural engineering*, 133(6), 834-843.
- Hazairin, B. H., & Arrasyid, M. A. (2013). Kajian Perilaku Lentur Pelat Keramik Beton (Keraton). *Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 7(Oktobre), 39–45.
- Hermawan, A. R., & Mulya, E. S. (2011). Balok Precast Segmental Dengan Sistim Sambungan Boned Nonprestressed. *Jurnal Poli-Teknologi*, 10(1), 39-47
- Irawan, D., Iranata, D., & Suprobo, P. (2017). Experimental study of two way half slab precast using triangular rigid connection of precast concrete component. *Int. J. Appl. Eng. Res*, 12, 744-754.
- Leman, S., Itang, F., & Wijaya, J. (2018). Kajian Kekuatan Balok Keraton. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, 2(1), 285-290
- Liu, J., Hu, H., Li, J., Chen, Y. F., & Zhang, L. (2020). Flexural behavior of prestressed concrete composite slab with precast inverted T-shaped ribbed panels. *Engineering Structures*, 215, 110687.
- Nawy, E. G., Surjaman, T., & Suryoatmono, B. (2010). Beton Bertulang: suatu pendekatan dasar. Bandung: Eresco.
- Paulay, T., & Priestley, M. N. (1992). Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings (Vol. 768). New York: Wiley.
- Rochman, T., Rasidi, N., & Purnomo, F. (2021). The Flexural Performance Of Lightweight Foamed Precast Concrete Slabs: Experimental And Analysis. *Geomate Journal*, 20(77), 24-32.
- Tuladhar, R. Lancini, B.J. (2014). Ductility of Concrete Slabs Reinforced with Low Ductility welded wire fabric and Steel Fiber. *Structural Engineering and Mechanic*. Vol 49(4).pp. 449-461
- Wu, X., Xia, X., Kang, T., Han, J., & Kim, C. S. (2018). Flexural behavior of precast concrete wall-steel shoe composite assemblies with dry connection. *Steel and Composite Structures*, 29, 545-555.
- Zdanowicz, K., & Marx, S. (2022). Flexural behaviour of thin textile reinforced concrete slabs enhanced by chemical prestressing. *Engineering Structures*, 256, 113946.