

# KARAKTERISTIK DINAMIK PELAT LANTAI SEMI PRECAST DENGAN PERKUATAN SHEAR CONNECTOR

Trias Widorini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Semarang

**Abstrak:** Pelat lantai bertingkat sederhana biasanya dikerjakan dengan sistem monolit yang memerlukan bekisting dan juga perancah. Salah satu cara yang diperkenalkan kepada masyarakat adalah menggunakan sistem semi pracetak. Dalam sistem ini struktur dibagi menjadi panel-panel kecil agar memungkinkan untuk dikerjakan tanpa bantuan alat berat.

Penelitian dilakukan pengujian dinamik menggunakan mesin penggetar yang diletakkan di tengah bentang. Pengujian dilakukan terhadap 4 buah benda uji berupa panel pelat lantai, yang terdiri dari 2 buah pelat monolit dan 2 buah pelat komposit, dengan ukuran panjang 3000 mm, dan tinggi yang sama yaitu 120 mm serta dengan lebar masing-masing 200 mm dan 400 mm.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa frekuensi alami sistem struktur baik pelat monolit maupun pelat komposit yang rusak mempunyai frekuensi alami yang lebih kecil. Hasil eksperimen mode displacement menunjukkan hasil bahwa pelat yang ada kerusakan mempunyai displacement lebih besar.

**Kata Kunci :** panel semi pracetak, shear connector, beban dinamik, frekuensi alami.

**Abstract:** A building floor is usually made of with a simple monolith system which needs concrete formwork. One alternative that is introduced to the public is using the semi-precast system. In this system structure is divided into smaller panels to make it possible to do without heavy equipment.

In this study the dynamic testing using a vibrator machine that is put in the mid-span. This test consists of 4 pieces of the specimen plate panel, which consists of 2 monolith plates and 2 composite plate (semi precast), with a length of 3000 mm, and the same height is 120 mm and a width of each 200 mm and 400 mm.

The results showed that the natural frequency of the system structure damaged had a smaller natural frequency. The displacement mode experimental results showed that plate damage had a larger displacement.

**Keywords:** semi-precast panels, shear connectors, dynamic loads, natural frequency.

## Pendahuluan

Sekarang ini banyak masyarakat yang membuat bangunan bertingkat dua dengan menggunakan metode beton *cast in situ*. Pengecoran pelat lantai ini membutuhkan material bekisting dan perancah seperti *multipleks/triplek*, kayu dan bambu yang digunakan ini hanya bersifat sementara yang dapat menambah biaya dan waktu konstruksi. Perlu dicari alternatif pembuatan struktur pelat yang lebih cepat, hemat tenaga kerja, serta mengurangi penggunaan bekisting dan perancah. Dalam penelitian ini alternatif yang diperkenalkan dalam pembuatan pelat dengan metoda *semi precast*, berupa panel-panel yang lebih kecil agar memungkinkan untuk diangkat tanpa bantuan alat berat dan digabungkan dengan sistem beton *cast in situ* sebagai aksi komposit.

Kekuatan pelat beton dapat berkurang kekuatan atau kekakuannya jika pada pelat tersebut terjadi keretakan dan kerusakan yang diakibatkan oleh beban yang bekerja pada pelat tersebut. Beban hidup selalu bergerak dan berulang yang diterima pelat lantai berpengaruh pada lekatan antara panel-panel dengan beton *cast in situ*, maka perlu mengetahui perilaku dinamik pada konstruksi pelat semi pracetak dengan perkuatan *shear connector* yang mana diperlukan pengujian dinamik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dinamik pelat *semi precast* dengan perkuatan *shear connector* dibandingkan pelat monolit. Dengan harapan akan didapat suatu metode pelaksanaan dan cara perancangan yang lebih efisien. Parameter yang diamati meliputi : frekuensi alami, lendutan statis, *mode displacement* dan perubahan *curvature mode*.

### Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain baja tulangan polos dengan diameter 6 mm dan 12 mm, agregat halus, agregat kasar, semen, air, kayu kaso 6/4, triplek 9 mm, terpal plastik, besi pejal diameter 1 inc.

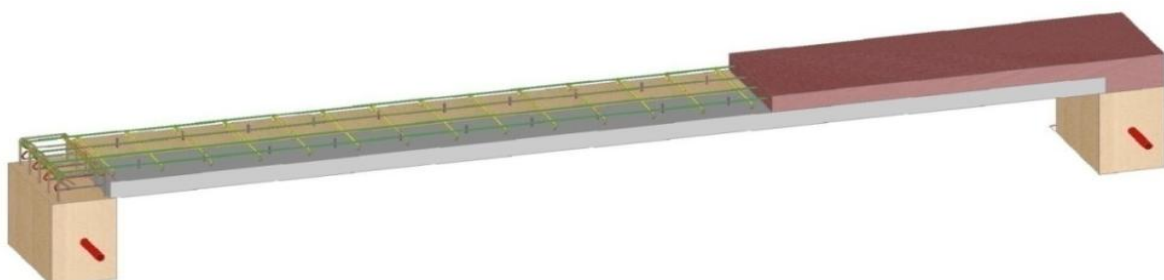
Alat-alat yang dipakai untuk menguji pelat beton antara lain *Dewe 43V* dan laptop yang telah diinstal program *DEWE Soft*, Penggetar Mekanis (*mecanical vibrator*), *Resonant frequency tester* (E-Meter), Rangka Baja (*Loading Frame*), *Hydraulic Jack*, *Load cell* dan *DataLogger*, *LVDT* (*Linear Variable Differential Transducer*), *Strain Gauge*, *Micro Crack Meter*, *Crane*, penjumlah sinyal getaran (*Schenck* alat ini memiliki sensitivitas 75 mV/mm/s).

Benda uji yang dibuat ada 4 buah terdiri dari dua buah pelat monolit dan pelat *precast* (komposit) dengan lebar 200 mm dan 400 mm.

**Tabel 1.** Spesifikasi Benda uji

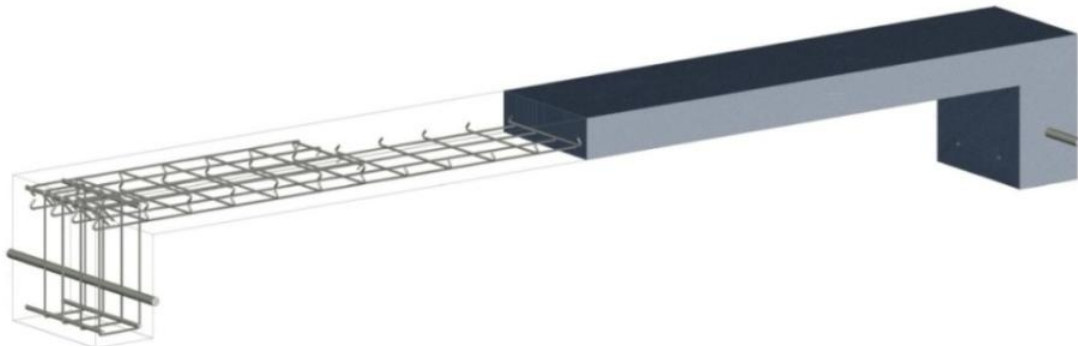
Benda Uji	Ukuran benda uji (p x l x t) (mm <sup>3</sup> )	Tulangan Lentur		Tulangan <i>shear connector</i>	Tulangan Susut	
		Bawah	Atas		Bawah	Atas
MON 200	3000 x 200 x 120	D6-100		-	D6-150	D6-150
MON 400	3000 x 400 x 120	D6-100		-	D6-150	D6-150
KOM 200	3000 x 200 x 120	D6-100	D6-100	D6-200		D6-150
KOM 400	3000 x 400 x 120	D6-100	D6-100	D6-200		D6-150

Sumber : Rencana penelitian sendiri



Sumber : Desain gambar sendiri

**Gambar 1.** Benda uji komposit

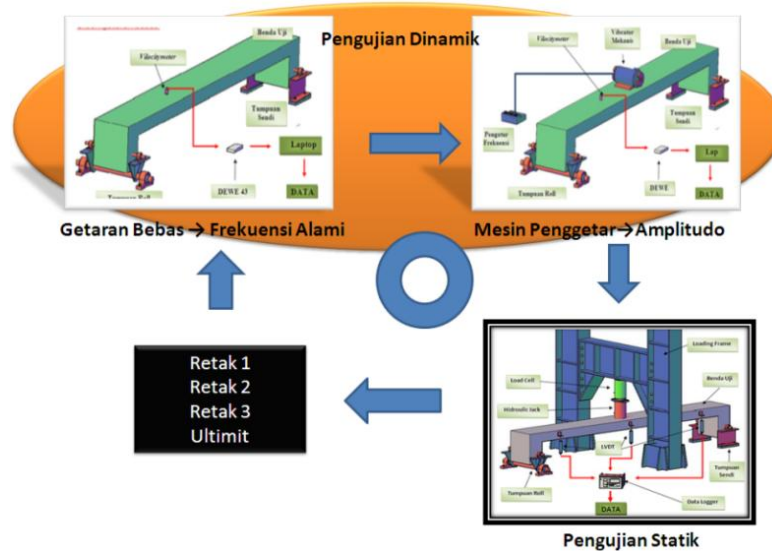


Sumber : Desain gambar sendiri

**Gambar 2.** Benda uji monolit

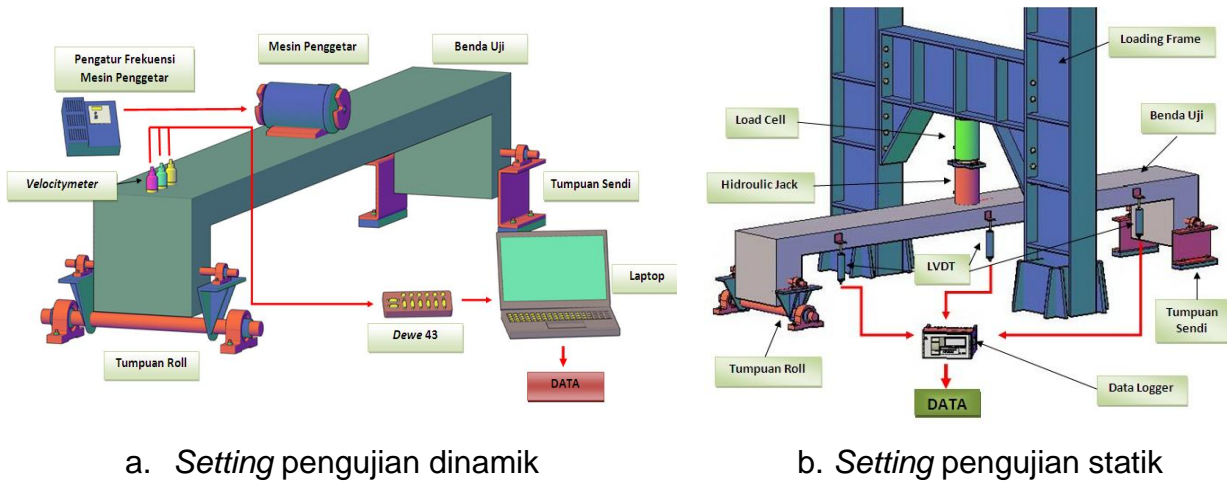
### Pelaksanaan Penelitian

Sebelum pelat mendapat beban atau kerusakan, terlebih dahulu pelat diuji dinamik untuk mendapatkan frekuensi alami dengan cara diberi getaran bebas untuk mendapatkan frekuensi alami dan kemudian diberi getaran paksa yaitu dengan mesin penggetar untuk mendapatkan amplitudo setiap titik pelat. Kemudian diberi beban statik untuk memberikan kerusakan/ retak. Pengujian dinamik dilakukan pada setiap tahap pembebanan dari  $P = 0$  sampai beban ultimit. Skematik pengujian dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Sumber : Desain gambar sendiri

**Gambar 3.** Skematik Pengujian



Sumber : Desain gambar sendiri

**Gambar 4.** Setting pengujian dinamik dan statik

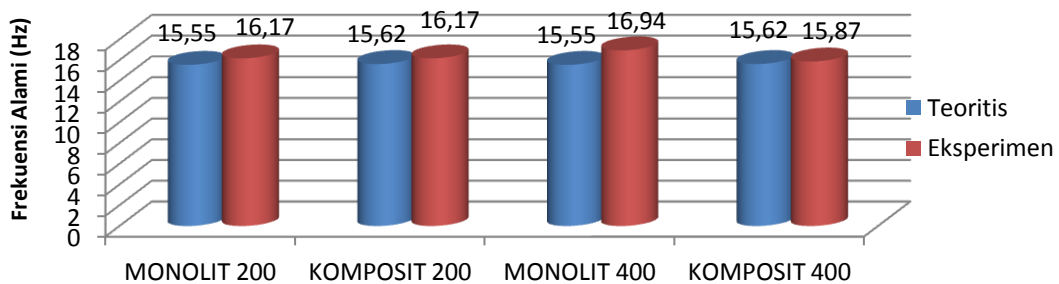
## Hasil dan Pembahasan

### Pengujian Pendahuluan

Hasil pengujian kuat tekan beton ( $f_c'$ ) rata-rata dari panel, *topping* dan monolit adalah sebesar 19,1 Mpa dan modulus elastisitas beton rata-rata sebesar 19.206 MPa. Hasil uji kuat tarik baja merk SNI diameter 6 mm memiliki tegangan leleh ( $f_y$ ) rata-rata sebesar 439 MPa dengan regangan leleh ( $\epsilon_y$ ) rata-rata sebesar 0,0022 dan modulus elastisitas ( $E_s$ ) rata-rata sebesar 199.732 MPa.

### Frekuensi Alami Pelat Sebelum Diberi Beban Hasil Eksperimen dan Teoritis

Uji frekuensi alami pelat dilakukan sebelum pelat menerima beban statik (pelat masih dalam utuh).



Sumber : Grafik hasil analisa sendiri

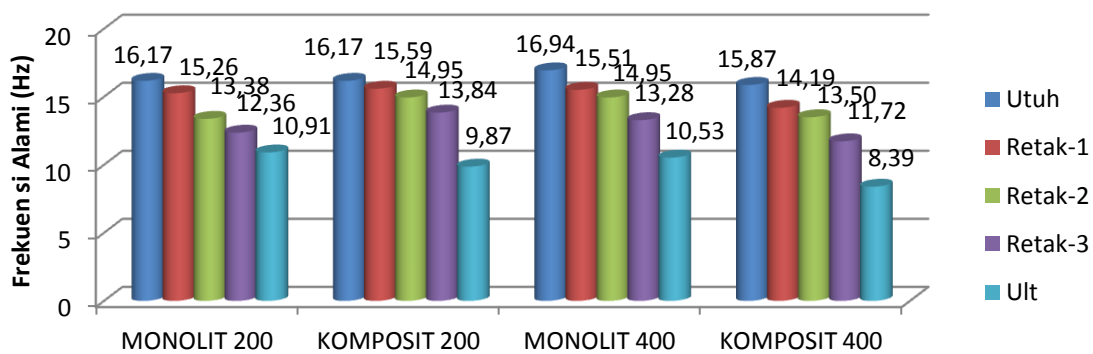
**Gambar 5.** Grafik frekuensi alami pelat utuh

Dari hasil pengujian terdapat perbedaan frekuensi alami analisis dengan eksperimen untuk pelat monolit 200 = 3,86 %, pelat komposit 200 = 3,38 %, pelat monolit 400 = 8,23 % dan pelat komposit 400 = 1,55 %. Pada hasil eksperimen frekuensi alami pelat monolit 200 dengan pelat komposit 200 hasilnya sama atau selisihnya 0%, sedangkan besarnya selisih frekuensi alami pelat monolit 400 dengan pelat komposit 400 adalah 6,32%. Pelat komposit

mengalami penurunan frekuensi alami 1,86% dengan bertambahnya panel sedangkan pada pelat monolit naik 4,76%.

### Frekuensi Alami Pelat Setiap Pembebanan Statik

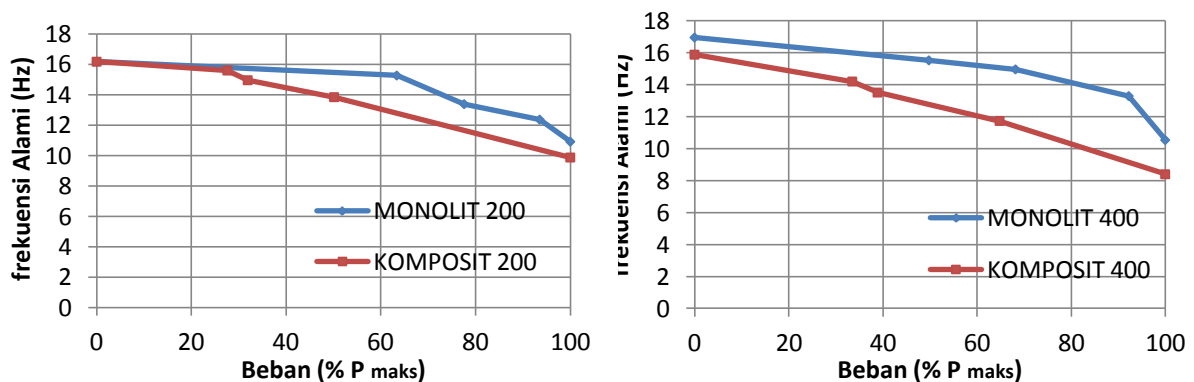
Uji frekuensi alami pelat dilakukan setiap tahap pembebanan statik meliputi sebelum ada beban, beban retak pertama, retak kedua, retak ketiga dan beban ultimit. Setiap penambahan retak yang terjadi, menunjukkan bertambahnya kerusakan yang terjadi pada pelat. Getaran bebas diberikan dengan cara memukulkan kepalan tangan ke permukaan pelat. Sinyal getaran yang terjadi direkam dengan program *DEWE Soft*. Pengujian frekuensi alami dilakukan sebanyak tiga kali pada setiap tahap pembebanan statis, beban statis ini diberikan untuk memberikan kerusakan pada pelat. Dari hasil ketiga kali pengujian frekuensi alami tersebut diambil rata-ratanya. Hasil pengujian frekuensi alami pada setiap pembebanan statis dapat dilihat dalam Gambar 6 dan Gambar 7.



Sumber : Grafik hasil analisa sendiri

**Gambar 6.** Grafik Hubungan Frekuensi Alami Pelat dengan Kerusakan Pelat

Dari hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan frekuensi alami seiring dengan bertambahnya kerusakan pada pelat, seperti terlihat pada Gambar 6.



Sumber : Grafik hasil analisa sendiri

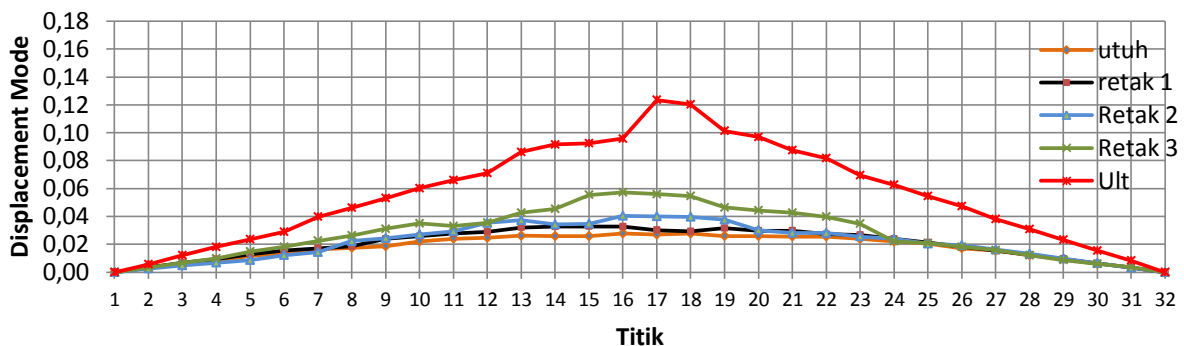
**Gambar 7.** Grafik hubungan frekuensi alami (Hz) dengan beban statik (%  $P_{maks}$ )

Dari Gambar 7 tersebut dapat dilihat bahwa terjadi penurunan frekuensi alami pelat dengan adanya penambahan beban statik. Penurunan nilai frekuensi alami untuk struktur rusak (beban maksimum) dibanding kondisi utuh adalah 32,55% untuk pelat monolit 200 yaitu dari

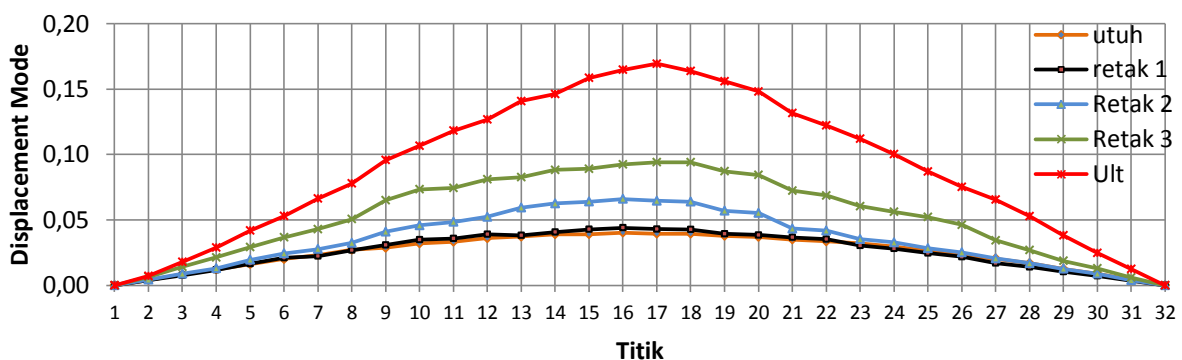
16,17 Hz menjadi 10,91 Hz, untuk pelat komposit 200 penurunannya 38,98 % yaitu dari 16,17 menjadi 9,87 Hz, untuk pelat monolit 400 penurunannya 37,84 % yaitu dari 16,94 Hz menjadi 10,53 Hz dan untuk pelat komposit 400 penurunannya 47,13 % yaitu dari 15,87 Hz menjadi 8,39 Hz.

### **Displacement Mode dan Beda Absolut Curvature Mode**

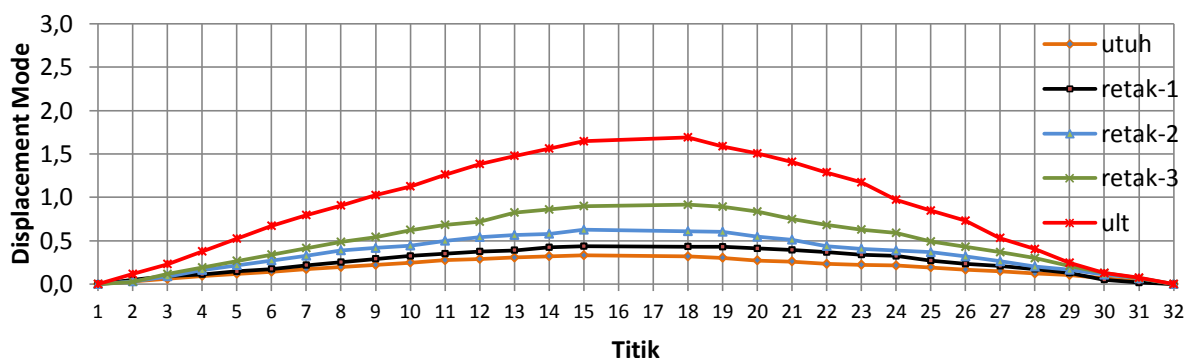
Pengujian ini dilakukan setiap tahap pembebanan statik meliputi sebelum ada beban, beban retak pertama, retak kedua, retak ketiga dan beban ultimit. Pengambilan data dilakukan pada waktu pelat diberikan getaran yang dihasilkan dari *E-meter* atau alat penggetar mekanis. Amplitudo tiap titik pelat yang direkam dalam program *DEWE Soft* kemudian diolah dengan program *excel*. Pada waktu memulai penjumlahan dimulai dari titik 1 sampai dengan titik 32. Gambar 8 menunjukkan *displacement mode* pelat rusak lebih besar dari pada pelat ketika masih utuh dan *displacement mode* membentuk lengkungan, pada tengah bentang *displacementnya* semakin besar.



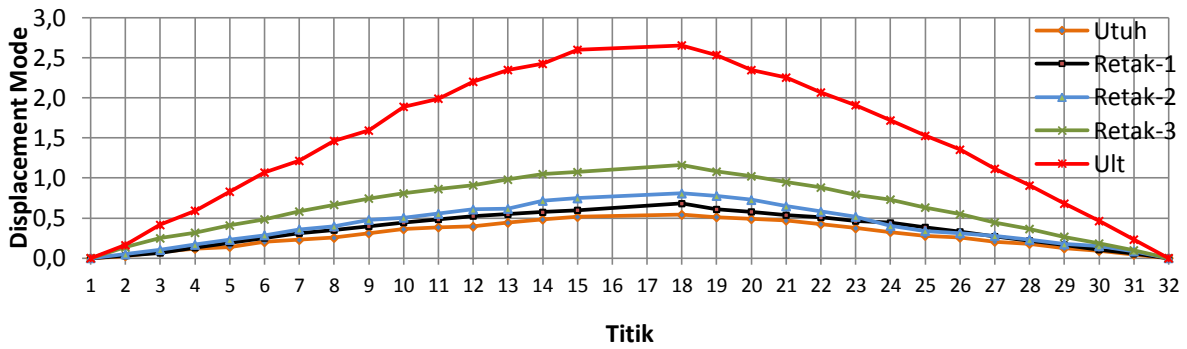
a. *Displacement mode* pelat monolit 200



b. *Displacement mode* pelat komposit 200



c. Displacement mode pelat monolit 400

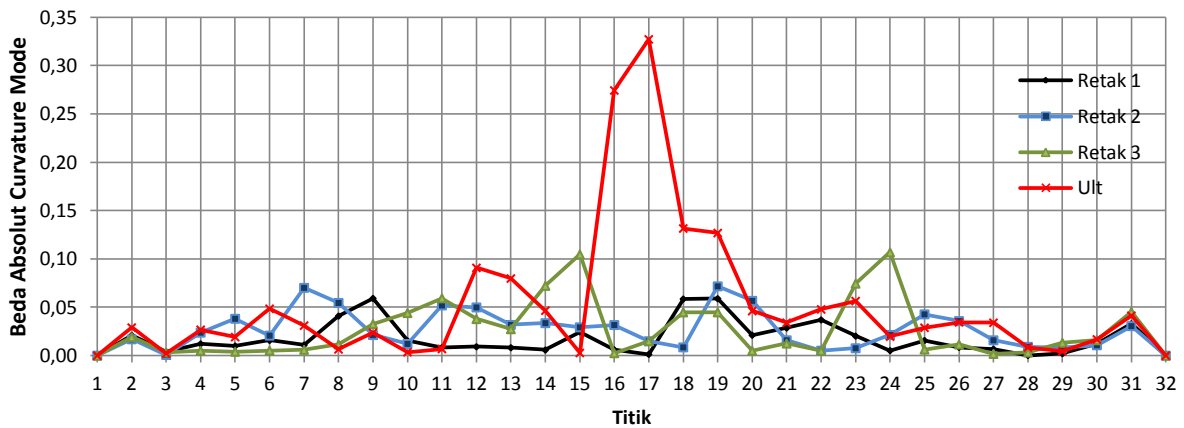


d. Displacement mode pelat komposit 400

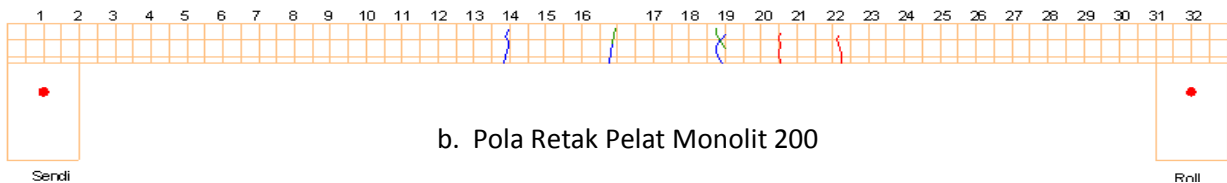
Sumber : Grafik hasil analisa sendiri

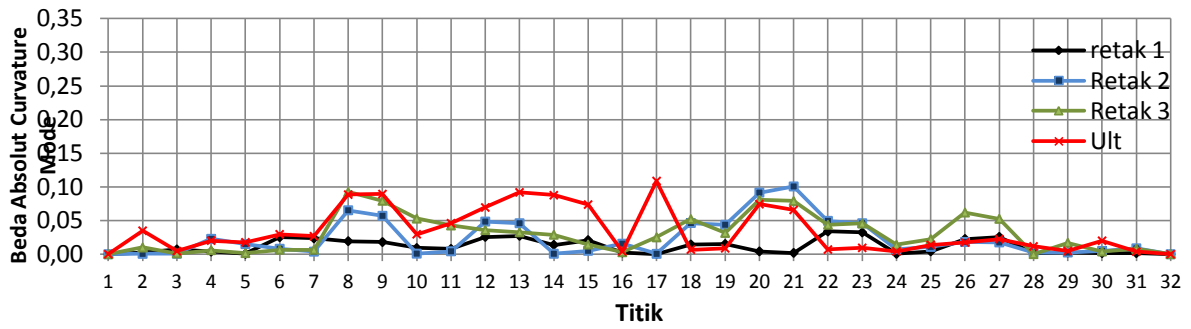
Gambar 8. Displacement Pelat

Data *curvature mode* diperoleh dari pengukuran *mode displacement* dengan memakai rumus *central difference*. Setelah diperoleh *curvature mode* untuk masing-masing pelat pada kondisi utuh dan rusak maka dapat ditentukan beda absolut *curvature mode*. Beda absolut *curvature mode* dapat diperoleh dengan mengurangkan antara data *curvature mode* pelat rusak dengan data *curvature mode* pelat utuh.

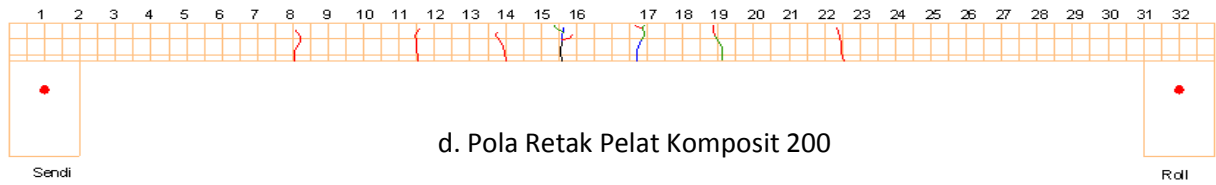


a. Beda Absolut Curvature Mode Pelat Monolit 200





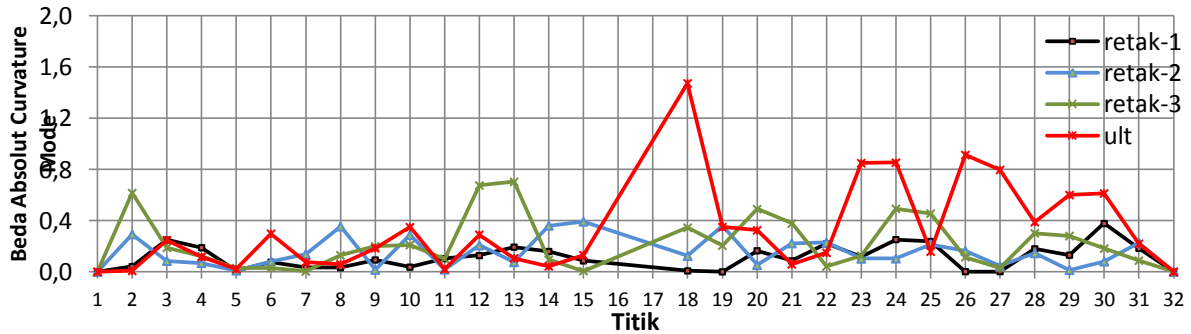
c. Beda Absolut Curvature Mode Pelat Komposit 200



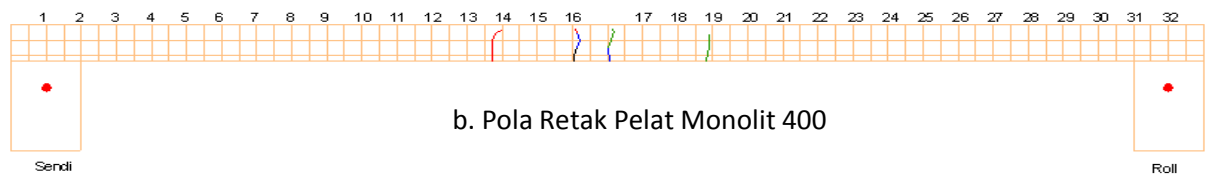
d. Pola Retak Pelat Komposit 200

Sumber : Grafik hasil analisa sendiri

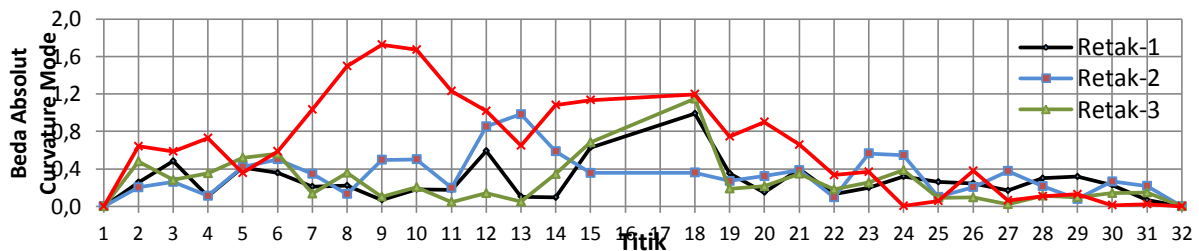
Gambar 9. Beda Absolute Curvatur Mode dan Pola Retak Pelat monolit 200 dan Pelat Komposit 200



a. Beda Absolut Curvature Mode Pelat Monolit 400

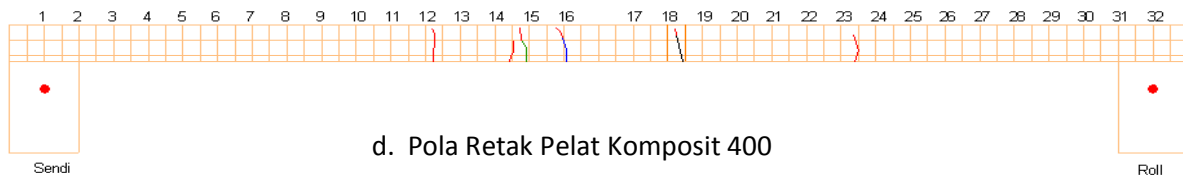


b. Pola Retak Pelat Monolit 400



c. Beda Absolut Curvature Mode Pelat Komposit 400





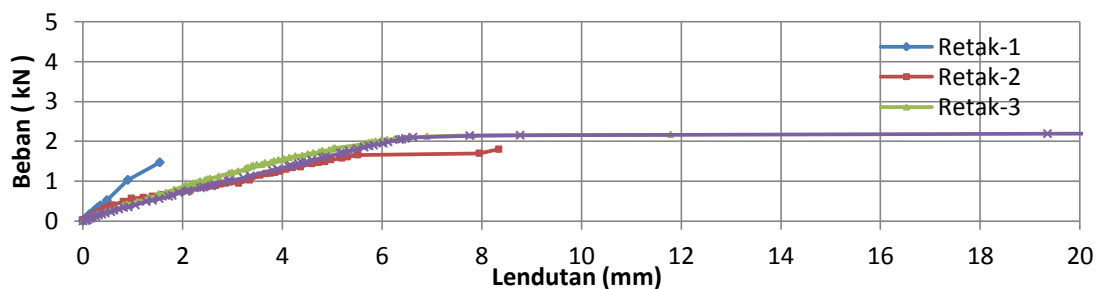
Sumber : Grafik hasil analisa sendiri

**Gambar 10.** Beda Absolute *Curvatur Mode* dan Pola Retak Pelat

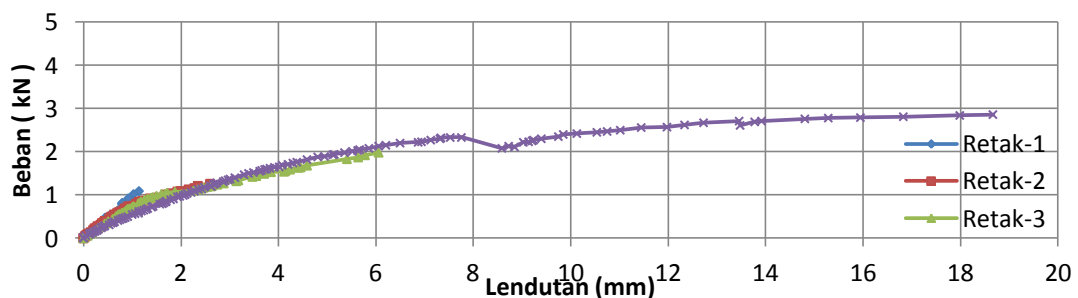
Pada pelat monolit 200, retak 1 terjadi berada di tengah bentang yaitu pada titik 16-17, retak 2 terjadi di titik 13-20, retak 3 terjadi di titik 13-20 dan ketika ultimit retak terjadi di titik 13-23. Pada pelat komposit 200, retak 1 terjadi berada di tengah bentang yaitu pada titik 15-16, retak 2 terjadi di titik 15-17, retak 3 terjadi di titik 15-20 dan ketika ultimit retak terjadi di titik 8-23. Pada pelat monolit 400, retak 1 terjadi berada di tengah bentang yaitu pada titik 16-17, retak 2 terjadi di titik 16-17, retak 3 terjadi di titik 15-20 dan ketika ultimit retak terjadi di titik 13-20. Pada pelat komposit 400, retak 1 terjadi berada di tengah bentang yaitu pada titik 18 - 19, retak 2 terjadi di titik 15 - 19, retak 3 terjadi di titik 14 - 19 dan ketika ultimit retak terjadi di titik 11 - 24. *Curvature mode* pelat kurang menunjukkan pembesaran ketika bagian pelat mengalami kerusakan/retak.

### Pembebanan Statik

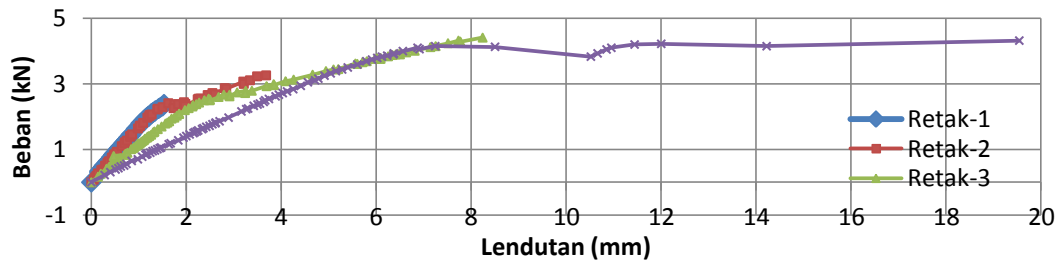
Dalam penelitian ini pembebanan statis berupa beban titik di tengah bentang yang diberikan secara bertahap, pembebanan ini bertujuan untuk memberikan kerusakan pada pelat. Pengukuran lendutan dilakukan menggunakan LVDT tepat dibawah beban titik. Data lendutan diambil setiap kenaikan beban.



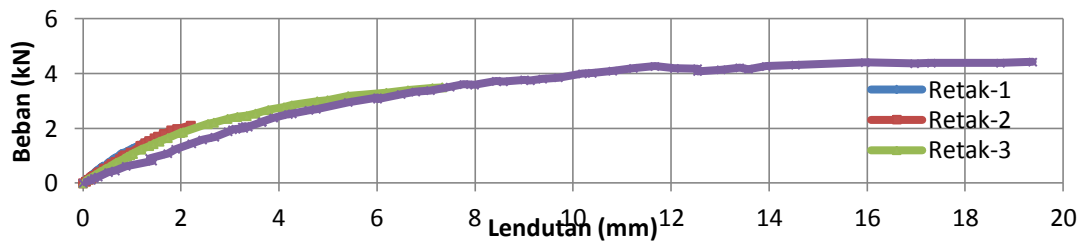
a. Pelat Monolit 200



b. Pelat Komposit 200



c. Pelat Monolit 400



d. Pelat Komposit 400

Sumber : Grafik hasil analisa sendiri

**Gambar 11.** Kurva Beban-Lendutan

Beban diberikan dari beban nol sampai terjadi *first crack*, kemudian beban dilepas lagi dan dimulai dari beban nol sampai terjadi retak 2, kemudian beban dilepas lagi dan dimulai dari beban nol sampai terjadi retak 3 dan terakhir diberi beban sampai ultimit. Dari kurva beban statik – lendutan, dapat dilihat bahwa kemiringan garis untuk kondisi beban maksimum tidak sama dengan beban-beban lainnya, hal ini disebabkan sistem struktur sudah mengalami kerusakan.

## Kesimpulan

1. Pelat monolit 200 (pelat *cast in situ*) dan pelat komposit 200 (pelat *precast*) memiliki frekuensi alami yang sama yaitu 16,17 Hz, selisihnya adalah 0%.
2. Pelat monolit 400 (pelat *cast in situ*) memiliki frekuensi alami 16,94 Hz dan pelat komposit 400 (pelat *precast*) memiliki frekuensi alami 15,87 Hz, ada penurunan frekuensi alami sebesar 6,32%.
3. Pelat komposit mengalami penurunan frekuensi alami 1,86% dengan bertambah 11 panel sedangkan pada pelat monolit naik 4,76%.
4. Kerusakan pelat ditandai dengan semakin turunnya nilai frekuensi alami. Pada pelat yang mengalami kerusakan pada bagian tertentu, frekuensi alaminya lebih kecil dibandingkan dengan frekuensi alami pelat yang masih utuh, penurunan frekuensi alami sesuai dengan adanya kerusakan yang terjadi.
5. Hasil eksperimen *mode displacement* diperoleh hasil bahwa pelat rusak mempunyai *displacement* lebih besar daripada *displacement* pelat utuh.
6. *Curvature mode* cukup dapat menunjukkan identifikasi adanya kerusakan pada bagian tertentu dari pelat.
7. Pola retak yang terjadi untuk pelat monolit maupun pelat *precast* dimulai di daerah tengah bentang dan pada beban maksimum pola retak saat runtuh mengalami kegagalan lentur.

## Daftar Pustaka

- Aminullah, A., 2004, *Analisis Dinamik dan Perbaikan Pelat Lantai dengan Bentang Panjang*, Tesis, Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Biggs, J.M., 1964, *Structural Dynamics*, McCraw-Hill Book company, USA.
- Cluogh, R.W., and Penzien, J., 1982, *Dynamic of Structures*, McCraw-Hill, Kogakusha.
- Basuki, A., 2003, *Metode Perbaikan Pelat Beton Bertulang dengan Pengaku Rangka Baja*, Tesis, Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Mehdizadeh, M., 2009. *Curvature Mode Shape Analyses of Damage in Structures*, Thesis, RMIT University.
- Paz, M., 1996. *Dinamika Struktur, Teori dan Perhitungan*. (diterjemahkan oleh Ir. Manu A.P.), Erlangga, Jakarta.
- Rainer, J.H. and Pernica, G., 1981, *Damping of a Floor Sample, Dynamic Response of Structure : Experimentation, Observation, Prediction and Control*, by Garry Hart, ASCE Journal, Atlanta.
- Salmon, C. G., dan Johnson, J. E., 1992, *Desain dan Perilaku Struktur Baja*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sharma, A.K. and Mittal, N.D., 2010. *Riview on Stress and Vibration of Composite Plates*, journal, India.
- Supriyadi, B., 2008. *Pengaruh Beban Sejumlah Orang Bernyanyi dan Berjoget Bersama pada Struktur Lantai Gedung Berbentang Panjang (Studi Kasus Gedung Grha Sabha Pramana UGM)*, journal Media Teknik Sipil, Yogyakarta.
- Wai, S.H., 2009, *Damage Assessment in Structures Using Vibration Characteristics*, Thesis, Queensland University of Technology, Australia.
- Wang, C. dan Salmon, C.G., 1985, *Desain Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- Wang, X., Ross, R.J., Hunt, O.M., and Soltis, L.A., 2002, *Nondestructive structural evaluation of wood floor system with a vibration technique*, In : *Proceeding of the 2002 Society of Experimental Mechanics Annual Conference and Exposition on Experimental and Applied Mechanics, June 10-12, 2002, Milwaukee, WI. Pp. 260-262.*