

PERILAKU LENTUR PELAT KOMPOSIT DENGAN PENGKASARAN INTERFACE PADA MOMEN KAPASITAS LAPANGAN

Agustin gunawan¹⁾, Suprpto Siswosukarto²⁾, Bambang Supriyadi²⁾

¹⁾Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNIB, Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371, Telp (0736)344087, e-mail : goenawan782004@yahoo.com

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

Abstract

The research aimed at investigating of the influence of surface roughing at semi-precast slab to slab strength on the first crack and the ultimate, the slab strength ratio made monolithically and composite, and to investigate crack and failure pattern of composite slab. The testing was conducted on two groups of slab which has 1:1 scales. Each group consists of three. The first group was monolith slab as control specimen. The second group was composite slab with surface roughing. The test was conducted on two step. The first step, specimen was loaded by the repeated center static loading (10 cycle), the second step, the specimen was loaded from zero and increased step by step until specimen failed. Testing results showed that the first crack load of composite slab was approximately 14,2 % (width of 200 mm), 10,61 % (width of 400 mm), and 22,64 % (width of 600 mm) less than monolith slab. The ultimate (failure) load of composite slab was about 32,2 % (width of 200 mm), 9,8 % (width of 400 mm), and 15,9 % (width of 600 mm) less than monolith slab. The cracks occurred at slab specimen was vertical cracks extending through tensile side. The crack was indicated flexural crack, while the kind of failure type occurred at slab specimen was flexural failure.

Keywords : composite slab, precast, cast in situ, monolith crack, flexural.

PENDAHULUAN

Pertambahan penduduk yang semakin pesat tanpa diimbangi dengan peningkatan luas lahan yang ada, membuat penduduk mencari alternatif dalam membangun rumah tinggal atau tempat usaha. Salah satu alternatifnya adalah dengan membangun rumah bertingkat. Pembangunan struktur pelat rumah bertingkat secara konvensional, umumnya banyak membutuhkan papan kayu dan bambu sebagai perancah dan bekisting. Pembangunan struktur pelat seperti ini dirasa makin tidak efektif karena butuh waktu yang cukup lama dalam pembuatan perancah dan bekisting. Selain itu perancah dan bekisting yang dibongkar akan menimbulkan permasalahan lingkungan yang baru.

Melihat keadaan tersebut perlu kiranya mencari alternatif pembangunan struktur pelat untuk rumah bertingkat yang ramah lingkungan, dengan penggunaan biaya, alat, bahan, dan tenaga yang minimal serta waktu

pengerjaan yang sesingkat mungkin. Salah satu alternatif tersebut adalah dengan menggunakan sistem pelat komposit yaitu penggabungan sistem *semi precast* (berupa panel-panel pelat) dengan sistem *cast in situ*. Kelebihan dari sistem *semi precast* antara lain :

1. Sebagian pelat yang dicetak dalam bentuk panel-panel dapat difungsikan sebagai bekisting dan lantai kerja untuk menahan beban selama pelaksanaan dan berat beton *cast in situ* yang masih basah.
2. Mengurangi kebutuhan perancah dan bekisting.
3. Panel pelat *precast* didasarkan pada berat yang menyesuaikan daya angkat tenaga kerja.
4. Memperhitungkan konsep struktur komposit.
5. Stabilitas pelat diperhitungkan sebagai pelat satu arah (*one way slab*).
6. Mempermudah dan mempercepat waktu penyelesaian pekerjaan.

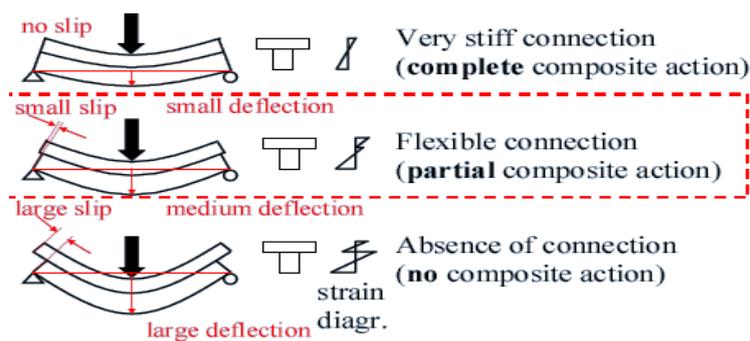
Pemanfaatan pelat beton *precast* sebagai komponen struktur lantai bangunan menyebabkan perubahan sifat pelat lantai tersebut, yaitu dari elemen monolit menjadi elemen komposit. Dikatakan sebagai pelat lantai komposit jika pelat beton *precast* (pracetak) dan beton *cast in situ* menjadi satu kesatuan. Dalam kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa setelah pelat komposit ini menerima beban statik berulang, terjadi pemisahan diantara keduanya pada bidang *interface* yang menyebabkan kerusakan. Kegagalan aksi komposit berupa pemisahan antara pelat beton *precast* dengan beton *cast in situ* dapat menyebabkan terjadinya pengurangan kapasitas lentur pelat yang akhirnya berpengaruh terhadap kekuatan pelat lantai gabungan. Sebagai bagian struktural, pelat lantai harus direncanakan dengan seksama. Ada beberapa metode perkuatan yang bisa digunakan pada bidang *interface* pelat komposit antara lain adalah dengan pemasangan *shear connector*, pengkasaran permukaan, perubahan bentuk permukaan, dan penggunaan perekat. Masing-masing metode tersebut mempunyai kelebihan dan kelemahan baik dari segi kekuatan, waktu, maupun biaya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengkasaran permukaan pada pelat semi *precast* terhadap kekuatan pelat saat

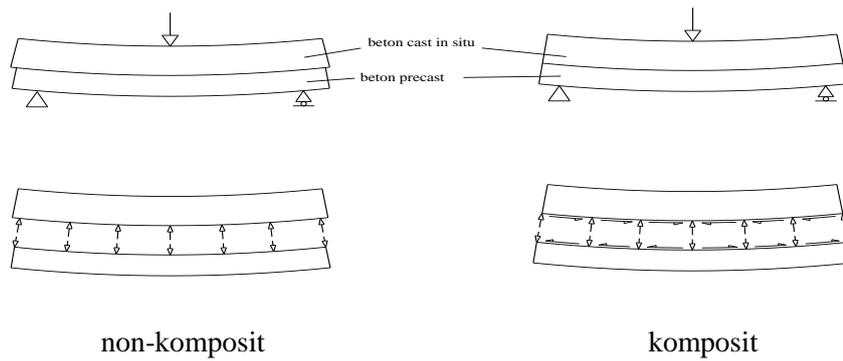
retak pertama dan beban ultimit, mengetahui perbandingan kekakuan dan kekuatan lentur pelat yang dicor secara monolit maupun komposit, mengetahui pola retak dan pola keruntuhan pelat komposit gabungan beton *precast* dan beton *cast in situ*.

Balok-balok yang dibangun lebih daripada satu bahan disebut balok-balok komposit (*composite beams*). Pengertian tersebut bisa juga dipakai untuk pelat. Pelat komposit adalah pelat yang terdiri dari lantai kerja (bisa berupa profil baja, papan kayu, ataupun panel *precast*) yang bekerja bersama dengan beton bertulang *cast in situ* agar dapat berperilaku komposit. Lantai kerja tidak hanya berfungsi sebagai bekisting permanen untuk beton, tetapi juga menghasilkan ikatan geser dengan beton. Lantai kerja komposit memiliki fungsi ganda, yaitu harus dapat menahan beban berat sendiri, berat beton basah, dan aktivitas konstruksi (jarang diamati). Setelah beton mencapai kekuatan yang diinginkan, maka beton terikat dengan lantai kerja sehingga terbentuklah bagian komposit untuk menahan beban yang diterima pelat beton (Gere dan Timoshenko, 1987).

Menurut Fragiaco (2008), aksi komposit yang terjadi pada lantai komposit terbagi menjadi tiga jenis (Gambar 1).



Gambar 1. Aksi komposit (Fragiacomo, 2008)

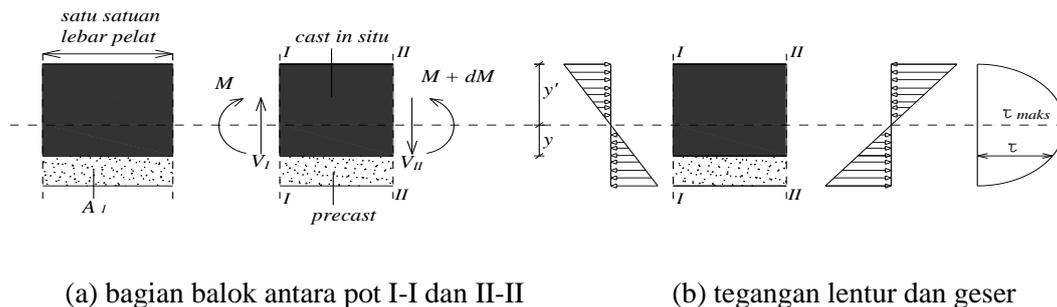


Gambar 2. Aksi pelat non-komposit dan komposit menerima beban terpusat (Triwiyono, 1999).

Jika suatu pelat komposit yang terdiri dari pelat beton *precast* dan *cast in situ* sebelum terjadi retak mengalami lentur dan gaya geser, maka pada bidang batas antara kedua bagian ini terjadi tegangan geser horizontal (Triwiyono, 1999). Diambil suatu potongan kecil pelat komposit berjarak dx yang menerima beban sebelum terjadi retak (Gambar 3). Persamaan-persamaan yang

berlaku pada pelat akibat beban terpusat, yaitu timbulnya tegangan lentur, tegangan geser horisontal antar bidang batas. Tegangan lentur yang terjadi pada sembarang titik atau potongan adalah :

$$\sigma = \frac{M y}{I} \quad (1)$$

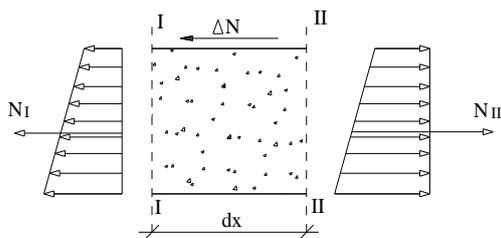


Gambar 3. Tegangan normal akibat lentur dan geser sebelum terjadi retak (Triwiyono, 1999).

Jika ditinjau keseimbangan gaya pada benda bebas (*free body*) antara potongan I dan II (berjarak dx), seperti dijelaskan pada Gambar 4, maka akan didapat gaya normal pada potongan I-I sebesar N_I dan potongan II-II sebesar N_{II}

Agar dalam kondisi seimbang, maka timbul gaya geser ΔN . Gaya geser *horisontal* pada bidang *interface* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta N &= N_{II} - N_I \\ &= \frac{(M + dM - M) \cdot Q}{I} \\ &= \frac{dM \cdot Q}{I} = \frac{V \cdot dx \cdot Q}{I} \end{aligned} \quad (2)$$



pada bidang batas tersebut terjadi tegangan geser τ sebesar:

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{b \cdot I} \quad (3)$$

Gambar 4. Keseimbangan benda bebas (Triwiyono, 1999).

dengan:

Q : modulus penampang A_1 terhadap garis netral penampang total.

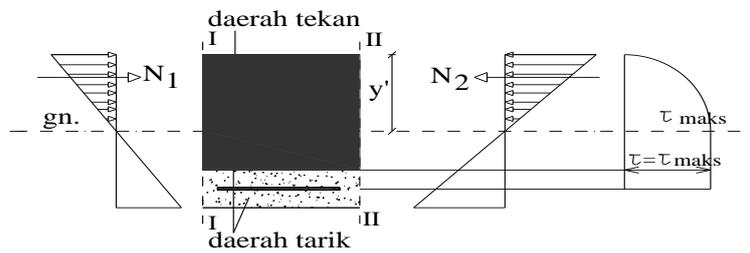
I : momen inersia penampang

b : lebar pelat yang ditinjau

Pada suatu penampang pelat sebelum retak, tegangan geser maksimum τ_{maks} akan terjadi pada garis netral, karena pada garis netral ini nilai Q terbesar. Sedangkan tegangan geser pada bidang pertemuan

(*interface*) antara pelat *precast* dan *cast in situ* lebih kecil daripada tegangan geser maksimum.

Untuk pasca retak, dengan beban yang relatif belum besar akan terjadi retak pada beton tarik akibat lentur. Untuk pelat yang mengalami momen positif, retak akan terjadi pada sisi bawah, setelah terjadi retak, akan terjadi perubahan distribusi tegangan lentur dan geser (Gambar 5).



Gambar 5. Tegangan lentur dan geser pasca retak (Triwiyono, 1999).

Akibat retak, beton tarik yang sudah retak tidak menyumbangkan lagi tegangan tarik dan biasanya daerah ini diabaikan. Tegangan geser maksimum τ_{maks} tetap akan terjadi pada garis netral. Jika ditinjau pada garis netral, nilai N_I dan N_{II} masing-masing adalah resultan gaya tekan pada beton tekan di atas garis netral. Persamaan (2) akan menjadi :

$$\begin{aligned}
 \tau_{maks} &= \frac{N_{II} - N_I}{b \cdot dx} \\
 &= \frac{dM}{b \cdot dx \left(d - \frac{y'}{3} \right)} \\
 &= \frac{V \cdot dx}{b \cdot dx \cdot \left(d - \frac{y'}{3} \right)} \quad (4) \\
 &= \frac{V}{b \cdot \left(d - \frac{y'}{3} \right)}
 \end{aligned}$$

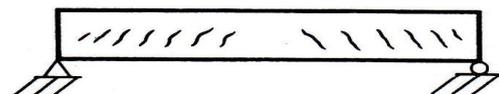
Untuk kondisi beton tarik sudah retak, tegangan geser pada bidang batas pelat

beton *precast* dan *cast in situ* sama dengan tegangan maksimum τ_{maks} pada garis netral, yang nilainya cukup besar. Tegangan geser ini dapat menyebabkan retak dan pemisahan antara kedua pelat, terutama jika pada bidang *interface* keduanya tidak terjadi lekatan yang baik.

Menurut McCormac (2001) retak untuk balok dan pelat satu arah dibedakan menjadi 5 macam yaitu :

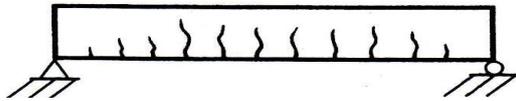
1. Retak geser

Retak miring karena geser dapat terjadi pada bagian badan baik sebagai retak bebas atau perpanjangan retak lentur. Kadang-kadang, retak miring akan berkembang secara bebas pada balok atau pelat satu arah meskipun tidak ada retak lentur pada daerah tersebut.



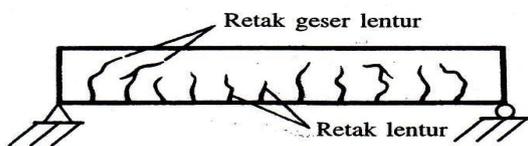
Gambar 6. Pola retak geser

2. Retak lentur
Retak lentur adalah retak vertikal yang memanjang dari sisi tarik dan mengarah ke atas sampai daerah sumbu netral.



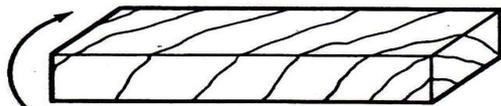
Gambar 7. Pola retak lentur

3. Retak geser-lentur
Retak geser-lentur adalah retak yang paling umum, retak ini merupakan perpaduan antara retak geser dan retak lentur.



Gambar 8. Pola retak geser-lentur

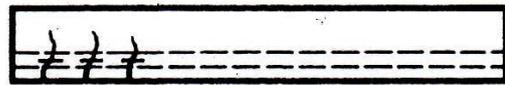
4. Retak puntir
Retak puntir (*torsion crack*) cukup mirip dengan retak geser, tetapi retak puntir ini melingkari balok atau pelat satu arah. Jika sebuah batang beton tanpa tulangan menerima torsi murni, batang tersebut akan retak dan runtuh disepanjang garis spiral 45° karena tarik diagonal yang disebabkan tegangan puntir.



Gambar 9. Pola retak puntir

5. Retak lekatan
Retak lekatan terjadi karena tegangan lekatan (*bond stress*) antara beton dan

tulangannya yang mengakibatkan pemisahan di sepanjang tulangan.



Gambar 10. Pola retak lekatan

METODE PENELITIAN

Bahan dan benda uji

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri baja tulangan, agregat halus, agregat kasar, semen tipe I, air, triplek, kayu kaso, reng, kawat bendrat, dan terpal plastik. Peralatan yang digunakan untuk membuat benda uji, yaitu alat pemotong tulangan, kerucut abrams, cetakan silinder beton, mesin gerinda, gergaji, palu. Peralatan yang digunakan untuk pengujian benda uji meliputi *Compression Testing Machine, Universal Testing Machine, loading frame, hydraulic jack, load cell, data logger, LVDT, crane, mikrocrack meter*, dan mikroskop.

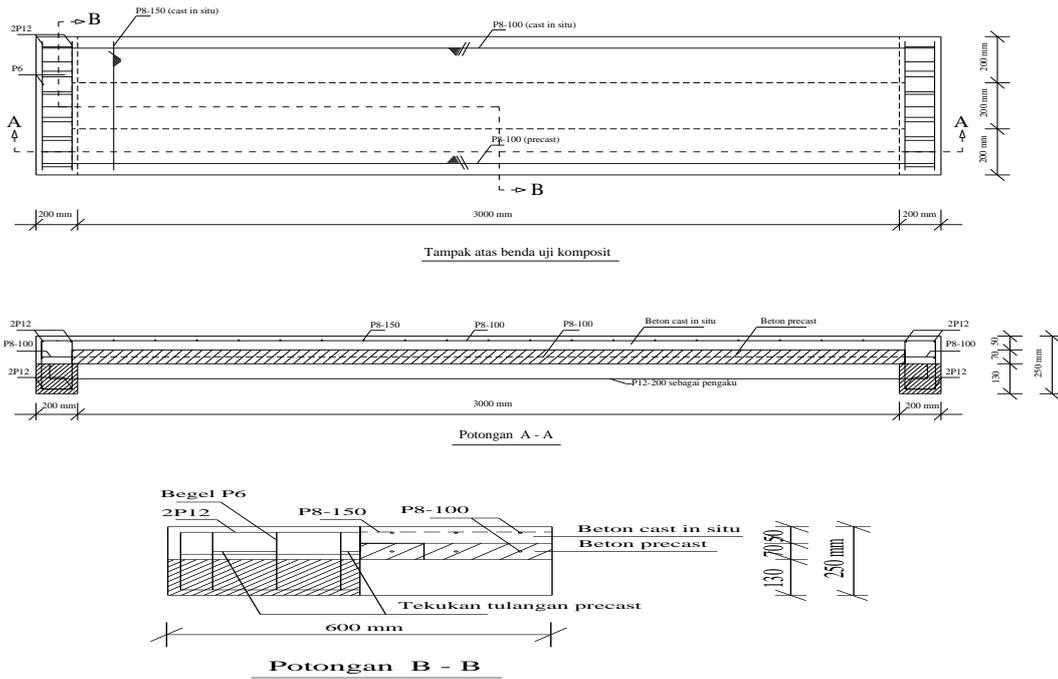
Benda uji pelat dibuat dengan skala 1:1. Benda uji dibagi dalam dua kelompok yaitu pelat monolit/PM (pelat kontrol) sebanyak 3 benda uji dan pelat komposit/PK (gabungan beton *precast* dan beton *cast in situ*) sebanyak 3 benda uji. Benda uji pelat masing-masing mempunyai bentang bersih 3000 mm, dengan tebal total 120 mm. Untuk benda uji pelat komposit, tebal total dibagi dalam dua bagian, yaitu beton *precast* 70 mm dan di atasnya dicor beton *cast in situ* dengan tebal 50 mm. Benda uji monolit dan komposit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kelompok benda uji pelat

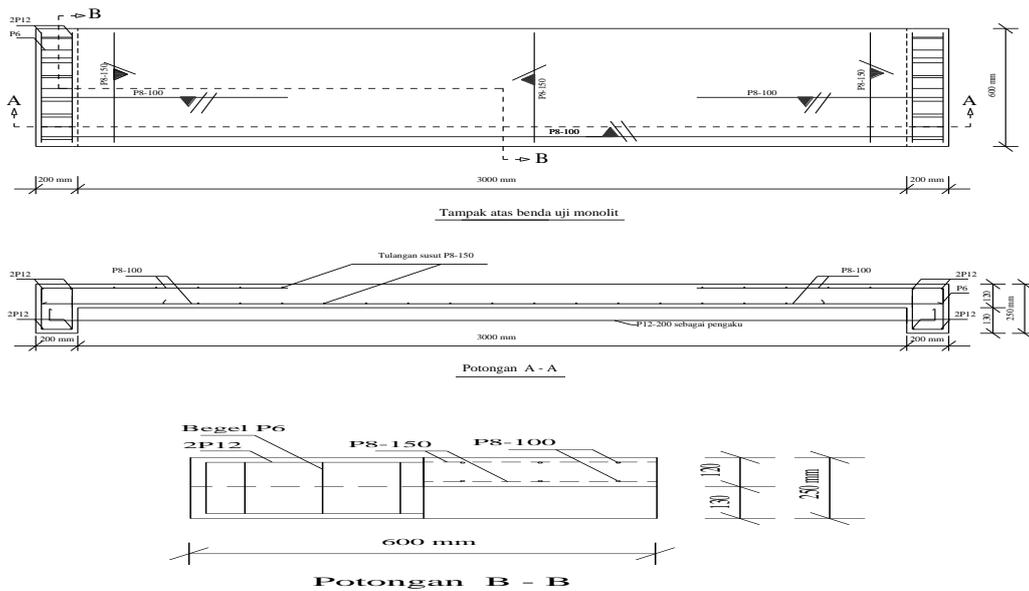
Tipe	Ukuran benda uji (p x l x t) (mm ³)	Tulangan lentur		Tulangan susut
		bawah	atas	
PM-200	3000 x 200 x 120	D8-100	-	D8-150 (bawah)
PM-400	3000 x 400 x 120	D8-100	-	D8-150 (bawah)
PM-600	3000 x 600 x 120	D8-100	-	D8-150 (bawah)
PK-200	3000 x 200 x 120	D8-100	D8-100	D8-150 (atas)
PK-400	3000 x 400 x 120	D8-100	D8-100	D8-150 (atas)
PK-600	3000 x 600 x 120	D8-100	D8-100	D8-150 (atas)

Sebelum dicor dengan beton *cast in situ*, bagian atas beton *precast* diberi pengkasaran berupa garis-garis dengan kedalaman 1 cm dan jarak antar garis sebesar 3 cm. Yang membedakan tiap-tiap benda uji dalam satu kelompok adalah lebar dari benda uji yang digunakan yaitu lebar 200 mm, 400 mm, dan 600 mm. Kuat tekan rata-rata masing-masing benda uji sebesar 15 MPa. Masing-

masing benda uji dibebani dengan beban statik di tengah bentang. Pembebanan dilakukan dengan memberikan pembebanan statik terpusat berulang dan pembebanan ultimit. Untuk benda uji monolit dan komposit dapat dilihat pada Gambar 11 s/d 12.



Gambar 11. Benda uji pelat komposit (PK) lebar 600 mm



Gambar 12. Benda uji pelat monolit (PM) lebar 600 mm

Pelaksanaan pengujian

Tahapan pelaksanaan pengujian meliputi *setting loading frame* dan tumpuan agar benda uji yang diletakkan pada tumpuan, tengah bentangnya tepat di bawah *loading frame*. Kedua ujung pelat di dukung secara *fixed* (jepit) oleh dua balok beton bertulang. Untuk mencegah balok tersebut berputar, dipasang baja tulangan D12-200 pada bagian bawah balok dengan arah *longitudinal*.

Setting pengujian dilakukan dengan 2 tahap pembebanan. Tahap pertama pembebanan statik berulang yaitu pembebanan diambil sekitar 10 % dari beban ultimit. Pengambilan 10 % dari beban ultimit didasarkan pada pengalaman pengujian statik berulang pada penelitian sebelumnya. Dengan mengambil pembebanan sekitar 10 % dari beban ultimit, diharapkan selama pembebanan berulang tidak terjadi *first crack*. Pembebanan dinaikkan secara bertahap sampai mencapai 10 % beban ultimit kemudian beban dilepaskan, kemudian dinaikkan lagi sampai mencapai 10 % beban ultimit kemudian dilepaskan lagi. Perlakuan ini dilakukan sebanyak 10

kali. Tahap kedua setelah 10 siklus dilakukan kemudian pembebanan dimulai dari nol sampai mencapai beban ultimit (runtuh).

Pemberian beban dilakukan menggunakan *hydraulic jack*. Pengukuran lendutan dilakukan di tiga titik dengan *LVDT*, yaitu satu di tengah bentang, dan dua masing-masing di ujung pelat dekat balok. Setiap penambahan beban dicatat lendutan, diamati, dan ditandai dengan spidol pola retak (*cracks*) pada permukaan pelat bawah sampai pelat mengalami keruntuhan (ditandai dengan peningkatan lendutan yang besar pada penambahan beban yang relatif kecil atau tidak bertambahnya beban meskipun *hydraulic jack* dipompa terus).

Penandaan dilakukan dengan menulis retak beberapa, penggambaran jalur retak, dan menuliskan besar beban yang menyebabkan retak tersebut pada benda uji pelat. Data beban dan lendutan yang terjadi dapat direkam dengan menggunakan alat *data logger*.



Gambar 13. Pengujian pelat

HASIL DAN PEMBAHASAN

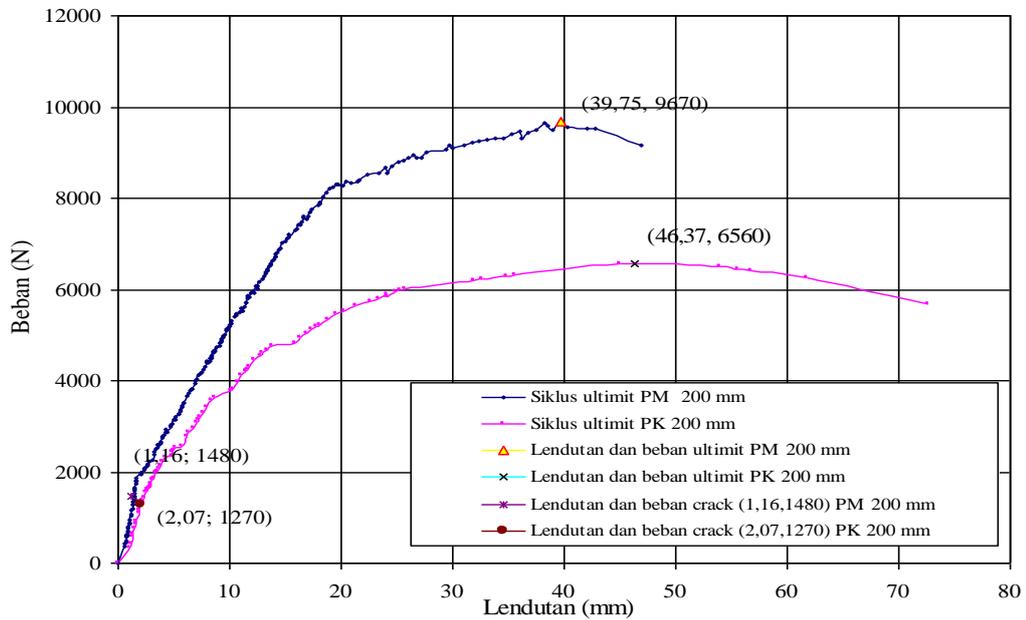
Kekakuan lentur pelat pada pengujian ultimit.

Yang dimaksud pengujian ultimit dipenelitian ini yaitu pengujian pembebanan yang dilakukan setelah 10 siklus pembebanan dengan pembebanan dimulai dari nol sampai beban runtuh (ultimit).

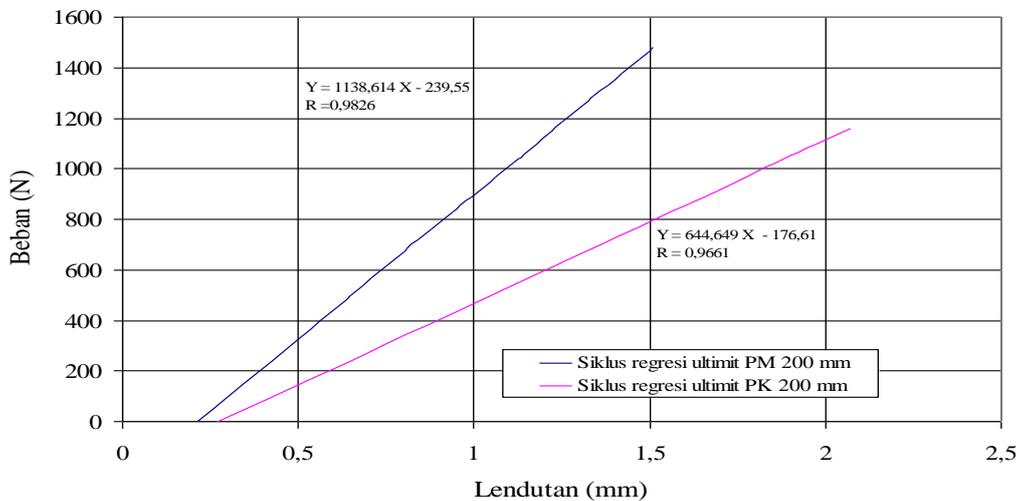
Pada Gambar 14 diperlihatkan kurva hubungan antara beban (P) dan lendutan (δ) di tengah bentang untuk benda uji pelat monolit (PM) dan pelat komposit (PK) lebar 200 mm pada pengujian ultimit. Dari Gambar 15 dapat dilihat untuk beban yang sama, lendutan yang terjadi pada pelat komposit selalu lebih besar dibandingkan dengan pelat monolit. Dengan mengambil data beban hingga mencapai 15 % dari

beban ultimit masing-masing pelat, dapat dilihat pada Gambar 14 dan Tabel 2 bahwa kekakuan lentur pelat komposit

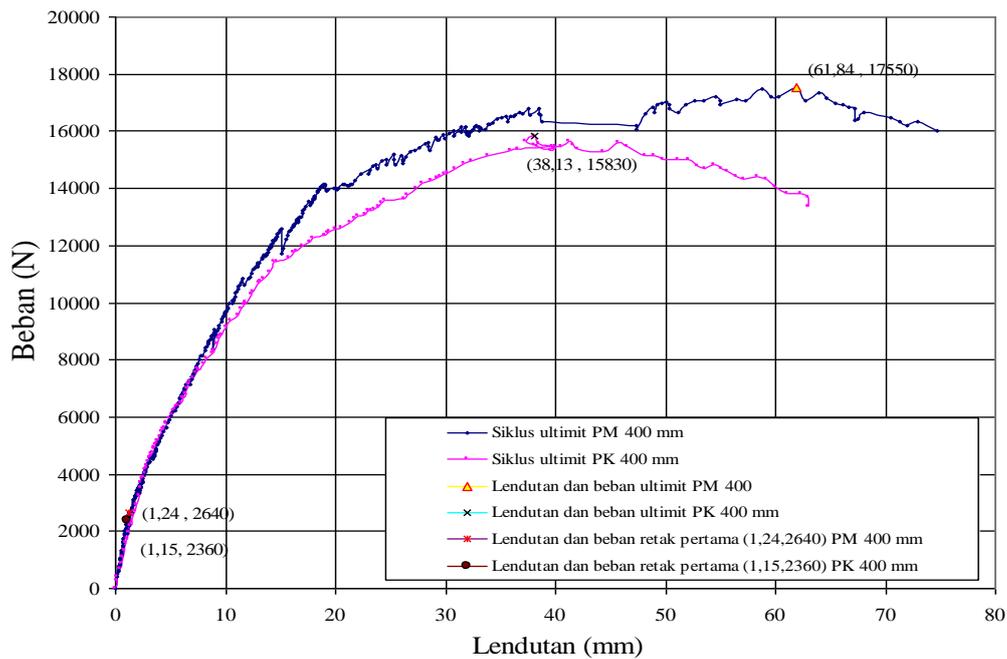
(644,65 N/mm) lebih kecil dibandingkan dengan pelat monolit (1138,61 N/mm).



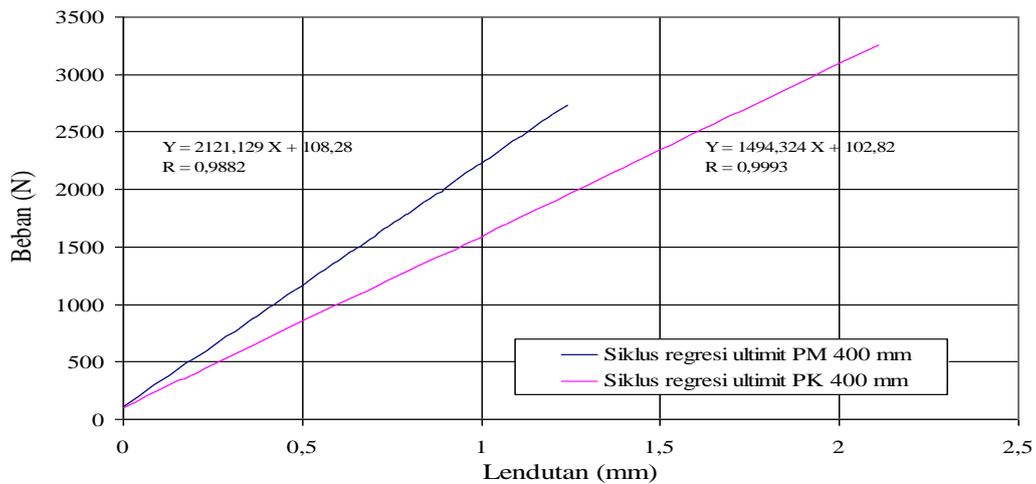
Gambar 14. Kurva beban – lendutan pengujian ultimit PK dan PM lebar 200 mm.



Gambar 15. Kurva beban – lendutan pengujian ultimit PK dan PM lebar 200 mm sampai beban retak pertama.



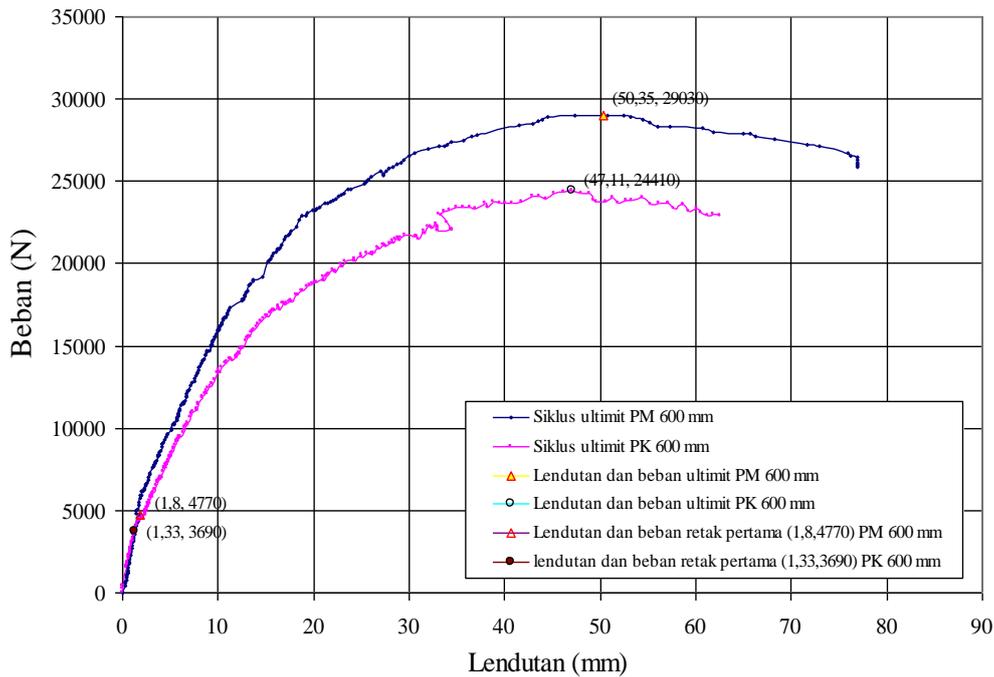
Gambar 16. Kurva beban – lendutan pengujian ultimit PK dan PM lebar 400 mm.



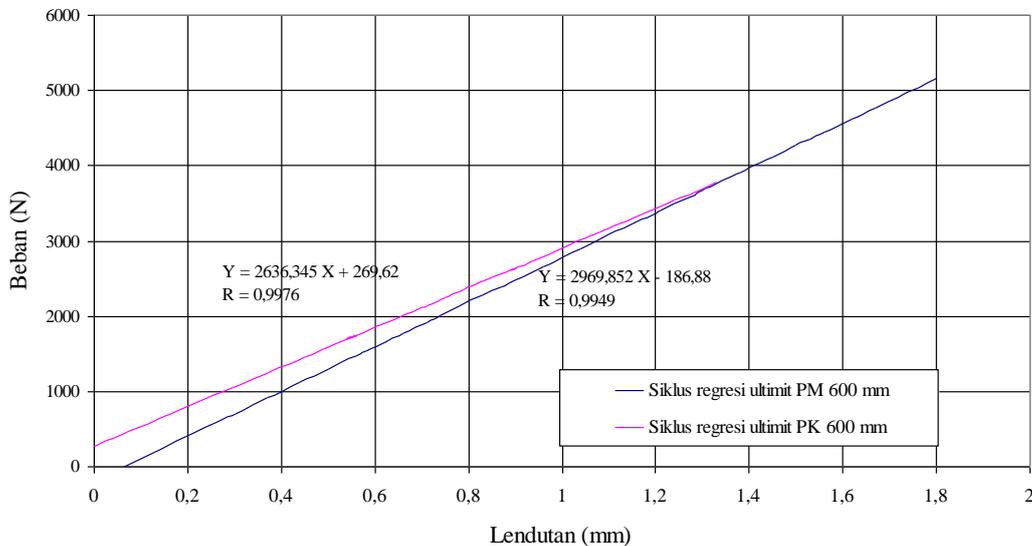
Gambar 17. Kurva beban – lendutan pengujian ultimit PK dan PM lebar 400 mm sampai beban retak pertama.

Pada Gambar 16 diperlihatkan kurva hubungan antara beban (P) dan lendutan (δ) di tengah bentang untuk benda uji pelat monolit (PM) dan pelat komposit (PK) lebar 400 mm pada pengujian ultimit. Pada Gambar 16 dapat dilihat untuk beban hingga 7,5 KN, lendutan yang terjadi pada pelat monolit dengan beban yang sama bisa lebih besar dan bisa lebih kecil dari pelat komposit. Tetapi setelah beban di atas

7,5 KN lendutan pelat komposit cenderung lebih besar dibandingkan dengan pelat monolit. Dengan mengambil data beban hingga mencapai 15 % dari beban ultimit masing-masing pelat, dapat dilihat pada Gambar 17 dan Tabel 2 bahwa kekakuan lentur pelat komposit (1495,32 N/mm) lebih kecil dibandingkan dengan pelat monolit (2121,13 N/mm).



Gambar 18. Kurva beban – lendutan pengujian ultimit PK dan PM lebar 600 mm.



Gambar 19. Kurva beban – lendutan pengujian ultimit PK dan PM lebar 600 mm sampai beban retak pertama.

Pada Gambar 18 diperlihatkan kurva hubungan antara beban (P) dan lendutan (δ) di tengah bentang untuk benda uji pelat monolit (PM) dan pelat komposit (PK) lebar 600 mm pada pengujian ultimit. Pada Gambar 18 atau Gambar 19 dapat dilihat untuk beban hingga 4,5 KN, lendutan yang

terjadi pada pelat monolit dengan beban yang sama bisa lebih besar dan bisa lebih kecil dari pelat komposit. Tetapi setelah beban di atas 4,5 KN lendutan pelat komposit cenderung lebih besar dibandingkan dengan pelat monolit. Dengan mengambil data beban hingga mencapai

15 % dari beban ultimit masing-masing pelat, dapat dilihat pada Gambar 18 dan Tabel 2 bahwa kekakuan lentur pelat

komposit (2636,34 N/mm) lebih kecil dibandingkan dengan pelat monolit (2969,85 N/mm).

Tabel 2. Nilai kekakuan lentur sampai retak pertama pada pengujian ultimit

Lebar (mm)	Kekakuan lentur (N/mm)		rasio kekakuan PK/PM (%)
	Pelat monolit (PM)	Pelat komposit (PK)	
200	1138,61	644,65	56,62
400	2121,13	1495,32	70,50
600	2969,85	2636,34	88,77

Dari gambar kurva hubungan beban – lendutan dan nilai kekakuan lentur pelat (Tabel 2) selama pengujian ultimit, dapat disimpulkan bahwa pada beban yang sama lendutan pelat komposit lebih besar dari lendutan pelat monolit, nilai kekakuan lentur pelat sampai retak untuk pelat komposit lebih kecil 43,4 % (lebar 200 mm), 29,5 % (lebar 400 mm), dan 11,2 % (lebar 600 mm) dibandingkan dengan pelat monolit. Hal ini bisa disebabkan karena metode pengecoran yang berbeda.

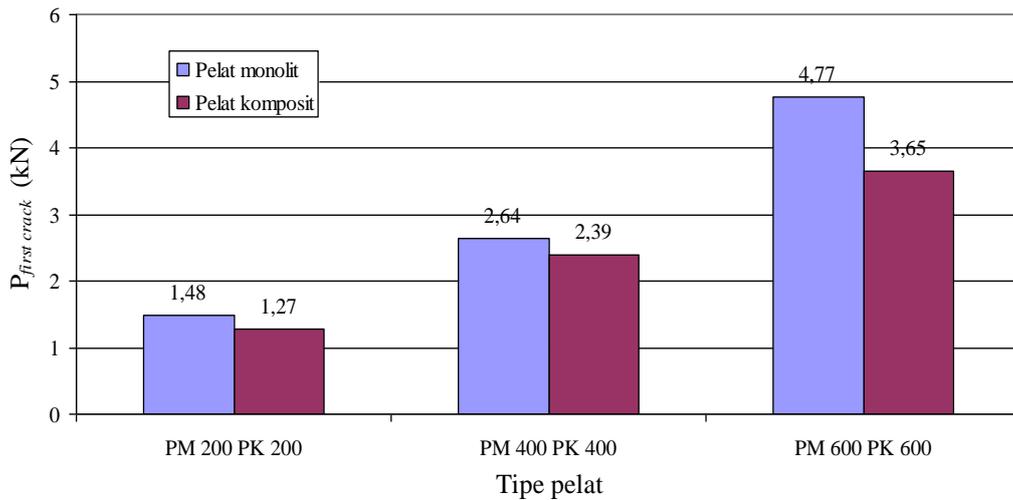
Pengecoran dengan metode *cast in situ* membuat benda uji pelat monolit lebih padat sebagai satu kesatuan pelat beton, sedangkan pelat komposit terdiri dari dua metode pengecoran yang nantinya membuat suatu bidang *interface* antara beton lama dengan beton baru, sehingga bidang ini kemungkinan akan memperlemah kekakuan lentur pelat yang akhirnya akan mempengaruhi kekuatan pelat sebagai satu kesatuan apabila pelat dibebani. Kemungkinan lain bisa disebabkan karena panel pelat *precast* telah mengalami retak rambut saat pengangkatan untuk ditempatkan pada tumpuan balok, selain itu akibat pengkasaran dengan cara digaris menggunakan centok semen menyebabkan kekakuan panel pelat *precast* saat diangkat menjadi berkurang karena ada rongga atau celah akibat garisan pengkasaran, adanya rongga kosong akibat pengkasaran yang tidak terisi oleh adukan beton *cast in situ* akan memperlemah kekuatan geser anatara

kedua bagian tersebut. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa perbandingan kekakuan lentur antara pelat komposit terhadap pelat monolit mengalami peningkatan dengan bertambahnya lebar pelat. Ini disebabkan dengan bertambahnya lebar pelat komposit (bertambahnya panel *precast*) kemungkinan akan terjadi pengeangan arah *lateral* yang menambah kekakuan pelat komposit.

Beban saat retak pertama ($P_{first\ crack}$)

Perbandingan beban saat retak pertama dan lendutannya antara pelat monolit dan pelat komposit disajikan dalam Gambar 14, Gambar 16, Gambar 18, atau Gambar 19 dan Tabel 3. Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa saat *first crack* beban untuk pelat monolit lebih besar dibanding pelat komposit. Pelat komposit memiliki beban $P_{first\ crack}$ sekitar 14,2 % (lebar pelat 200 mm), 10,61 % (lebar pelat 400 mm) dan 22,64 % (lebar pelat 600mm) lebih kecil dibandingkan dengan pelat monolit, hal ini juga disebabkan karena metode pengecoran yang berbeda.

Lebar retak awal (*first crack*) yang terjadi untuk masing-masing pelat yaitu 0,02 mm (PM 200 mm), 0,04 mm (PM 400 mm), 0,02 mm (PM 600 mm), 0,04 mm (PK 200 mm), 0,04 mm (PK 400 mm), 0,04 mm (PK 600 mm). Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.6.4 bahwa lebar retak maksimum yang diijinkan tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang di dalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.



Gambar 19. Perbandingan $P_{first\ crack}$ antara pelat monolit dan pelat komposit

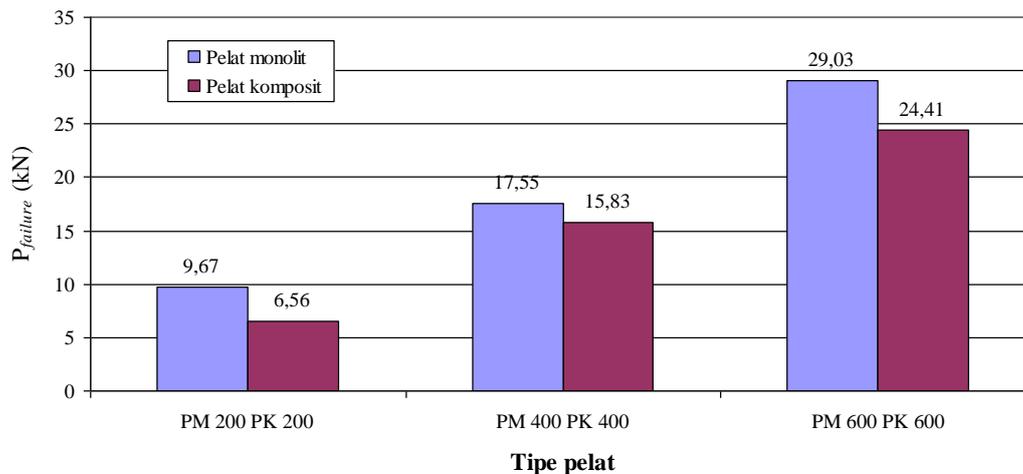
Tabel 3. Perbandingan $P_{first\ crack}$ dan $\delta_{first\ crack}$ antara pelat monolit dan pelat komposit

Lebar (mm)	Pelat monolit/kontrol (PM)		Pelat komposit (PK)	
	$P_{first\ crack}$ (N)	$\delta_{first\ crack}$ (mm)	$P_{first\ crack}$ (N)	$\delta_{first\ crack}$ (mm)
200	1480	1,16	1270	2,07
400	2640	1,24	2360	1,51
600	4770	1,8	3690	1,33

Beban runtuh ($P_{failure}$)

Perbandingan beban runtuh/ultimit dan lendutannya antara pelat monolit dan pelat komposit disajikan dalam Gambar 14, Gambar 16, Gambar 18, atau Gambar 20 dan Tabel 4. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa saat runtuh/ultimit beban untuk pelat komposit lebih kecil dibanding pelat monolit. Pelat komposit memiliki beban $P_{failure}$ sekitar 32,2 % (lebar pelat 200 mm), 9,8 % (lebar pelat 400 mm) dan 15,9 % (lebar pelat 600 mm) lebih kecil dibandingkan dengan pelat monolit, hal ini disebabkan juga karena metode pengecoran yang berbeda. Pengecoran dengan metode *cast in situ* membuat benda uji pelat monolit lebih padat sebagai satu kesatuan pelat beton, sedangkan pelat komposit terdiri dari dua metode pengecoran yang nantinya membuat suatu bidang *interface* antara beton lama dengan beton baru, sehingga bidang ini kemungkinan akan memperlemah kekakuan

lentur pelat yang akhirnya akan mempengaruhi kekuatan pelat sebagai satu kesatuan apabila pelat dibebani. Kemungkinan lain disebabkan karena panel pelat *precast* telah mengalami retak rambut saat pengangkatan untuk ditempatkan pada tumpuan balok, selain itu akibat pengkasaran dengan cara digaris menggunakan centok semen menyebabkan kekakuan panel pelat *precast* saat diangkat menjadi berkurang karena ada rongga atau celah akibat garisan pengkasaran, adanya rongga kosong akibat pengkasaran yang tidak terisi oleh adukan beton *cast in situ* akan memperlemah kekuatan geser antara kedua bagian tersebut yaitu beton *precast* dan beton *cast in situ*, sehingga apabila terjadi retak baik retak vertikal maupun retak horisontal pada bidang batas akan membatasi kekuatan pelat komposit sebagai satu kesatuan pelat utuh.



Gambar 20. Perbandingan $P_{failure}$ antara pelat monolit dan pelat komposit

Tabel 4. Perbandingan $P_{failure}$ dan $\delta_{failure}$ antara pelat monolit dan pelat komposit

Lebar (mm)	Pelat monoli/kontrol (PM)		Pelat komposit (PK)		% kenaikan beban	
	$P_{failure}$ (N)	$\delta_{failure}$ (mm)	$P_{failure}$ (N)	$\delta_{failure}$ (mm)	PM	PK
200	9670	39,75	6560	46,37	0	0
400	17550	61,84	15830	38,13	81,49	141,31
600	29030	50,35	24410	47,11	200,21	272,10

Pola retak dan jenis keruntuhan

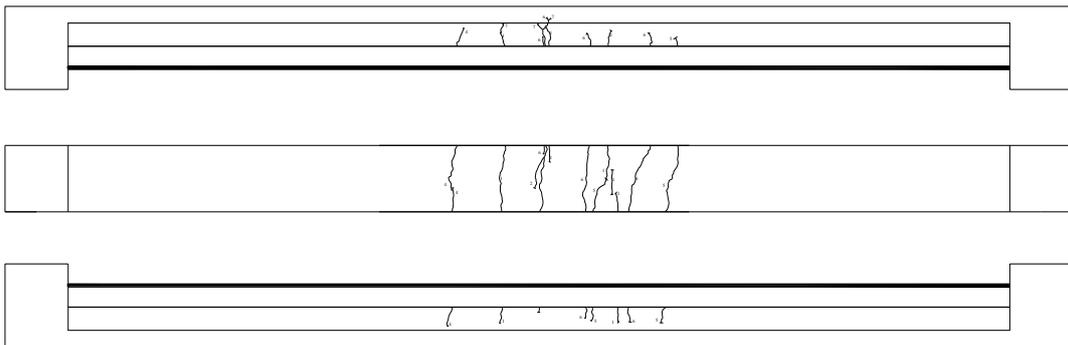
Selama pengujian berlangsung, retak yang terjadi secara seksama diamati, diberi tanda dengan cara memberi nomor didekat retak sesuai dengan beban pada saat retak tersebut terjadi. Pada pelat yang dibebani di tengah bentang pelat, retak pertama terjadi pada permukaan bawah di daerah bawah beban. Seiring dengan bertambahnya beban, serangkaian retak timbul dan lebar retakpun perlahan-lahan membesar. Retak yang terjadi pada permukaan bawah pelat komposit tersebar secara merata ke bagian sisi-sisinya. Retak-retak yang terjadi mempunyai arah vertikal yang memanjang dari sisi tarik dan mengarah ke atas yang mengindikasikan terjadi retak lentur.

Dengan kenaikan beban, timbul retak baru dan retak lama hingga mencapai kondisi runtuh. Keruntuhan yang terjadi pada pelat adalah keruntuhan lentur.

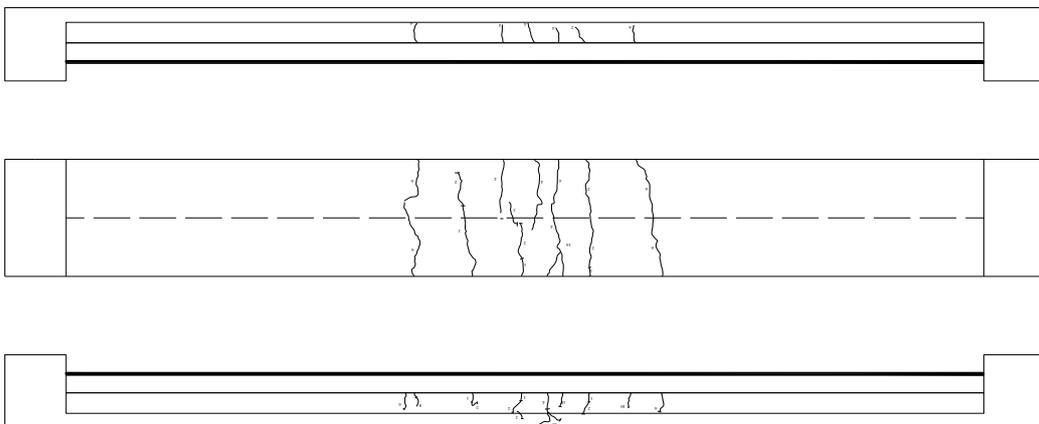
Pada pelat monolit, retak cenderung dominan hanya pada bagian tengah. Hanya pelat monolit lebar 200 mm retaknya tersebar secara merata. Retak-retak yang terjadi mengindikasikan retak lentur. Untuk pengamatan aksi komposit dengan cara visual dapat disimpulkan bahwa pemisahan antara beton *precast* dan beton *cast in situ* yang terlihat, terjadi pada saat mendekati runtuh (*failure*). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 21 s/d 27.



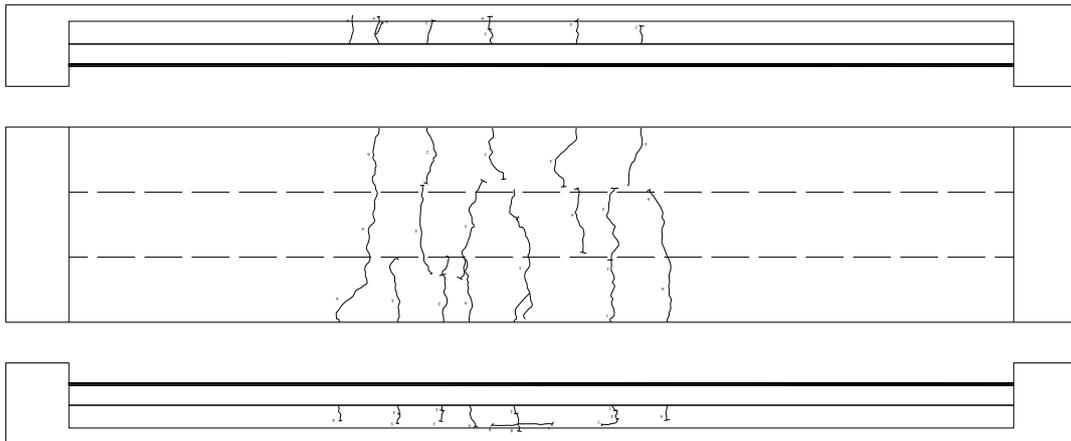
Gambar 21. Pola retak hasil pengujian pelat



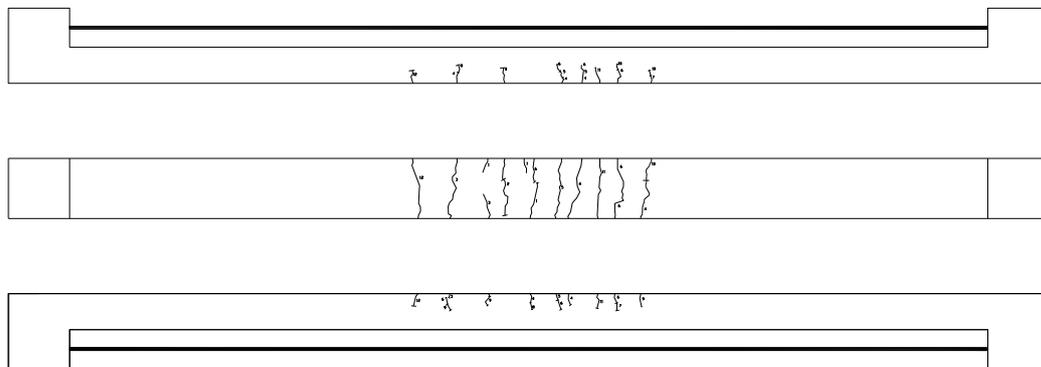
Gambar 22. Pola retak pelat komposit lebar 200 mm (PK 200)



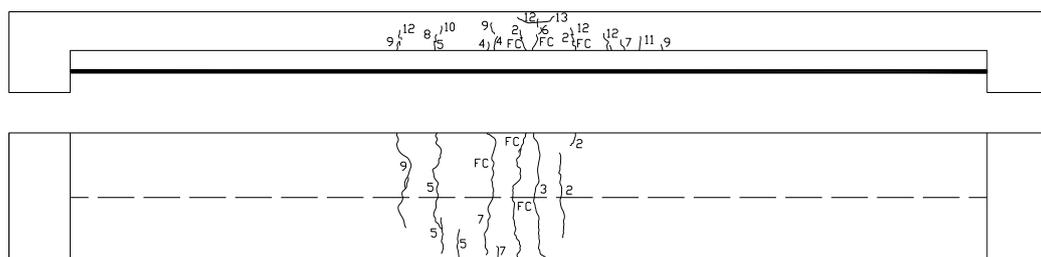
Gambar 23. Pola retak pelat komposit lebar 400 mm (PK 400)



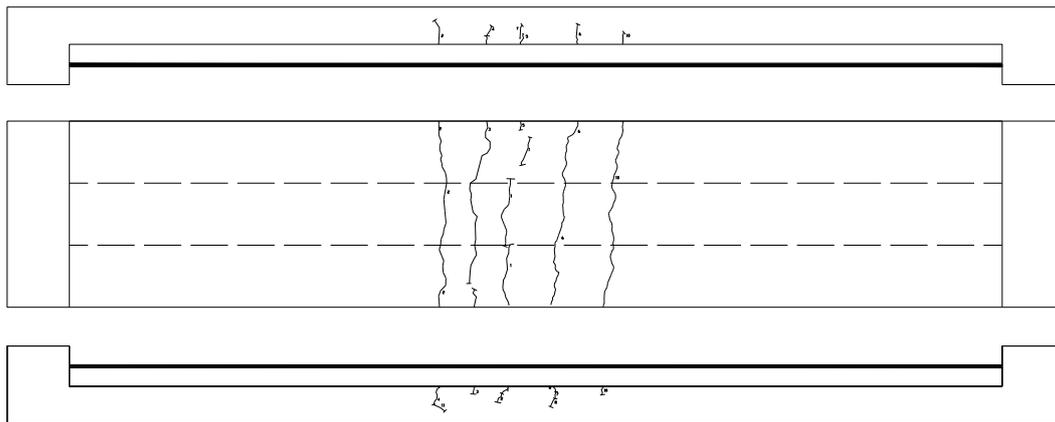
Gambar 24. Pola retak pelat komposit lebar 600 mm (PK 600)



Gambar 25. Pola retak pelat monolit lebar 200 mm (PM 200)



Gambar 26. Pola retak pelat monolit lebar 400 mm (PM 400)



Gambar 27. Pola retak pelat monolit lebar 600 mm (PM 600)

KESIMPULAN

Dari hasil eksperimen yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengujian ultimit/runtuh menghasilkan nilai kekakuan lentur untuk pelat komposit lebih kecil 43,4 % (lebar 200 mm), 29,5 % (lebar 400 mm) dan 11,2 % (lebar 600 mm) dibandingkan dengan pelat monolit.
2. $P_{first\ crack}$ untuk pelat komposit 14,2 % (lebar 200 mm), 10,61 % (lebar 400 mm), dan 22,64 % (lebar 600 mm) lebih kecil dibandingkan dengan pelat monolit.
3. $P_{failure}$ untuk pelat komposit 32,2 % (lebar 200 mm), 9,8 % (lebar 400 mm), dan 15,9 % (lebar 600 mm) lebih kecil dibandingkan dengan pelat monolit.
4. Kekuatan dan kekakuan pelat komposit lebih rendah dibandingkan dengan pelat monolit. Ini kemungkinan disebabkan karena adanya bidang *interface* antara beton lama (beton *precast*) dengan beton baru (beton *cast in situ*) sehingga pada bagian ini pelat tidak bekerja secara maksimal sebagai satu kesatuan dibandingkan dengan pelat yang di cor secara monolit. Kemungkinan lain bisa disebabkan karena panel *precast* telah mengalami retak rambut lebih awal pada saat proses pengangkatan.
5. Pola retak yang terjadi pada semua benda uji pelat berarah vertikal memanjang dari sisi tarik dan mengarah ke atas yang mengindikasikan terjadi retak lentur. Pola retak pelat komposit

lebih banyak dan menyebar dibandingkan dengan pola retak pelat monolit, sedangkan jenis keruntuhan pelat yang terjadi adalah keruntuhan lentur.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2007. **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)**. ITS Press, Surabaya.
- Dipohusodo, I. 1999. **Sruktur Beton Bertulang**. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Fragiacomo, M. 2008. **Timber Floor Solutions**, Timber Design Seminar, New Zealand.
- MacCormac, J.C. 2001. **Desain Beton Bertulang**. Edisi Kelima, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Timoshenko, P. dan Gere. 1987. **Mekanika Bahan**. Erlangga, Jakarta.
- Triwiyono, A. 1999. **Bahan Ajar Mekanika Bahan**. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM.
- Wang, C.K. and Salmon, C.G. 1994. **Desain Beton Bertulang**. Edisi Keempat, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.