

DISTRIBUTION TRANSVERSAL OF REINFORCEMENT AND SUPPORT AT PRECAST SLAB TO CRACKING PATTERN AND BENDING CAPACITY

PENGARUH PENYEBARAN TULANGAN BAGI DAN JENIS TUMPUAN PADA PELAT PRACETAK TERHADAP POLA RETAK DAN KAPASITAS LENTUR

Erwin Rommel¹⁾, Ninik Catur EY²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang
Jalan Raya Tlogomas 246 Malang 65114 e-mail : erwin67pro@yahoo.com

²⁾ Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang
Jalan Terusan Raya Dieng 62-64 Malang 65146 e-mail : nien_cey@yahoo.com

ABSTRACT

With the development of technology in the area construction, especially the use of precast slab is expected that with the existence of this research can be used as one input for contractor, researchers and educational institutions. This study shows the influence of reinforcement ratio on cracking behavior of precast and bending on the precast slab. This research was conducted at the Concrete Technology Laboratory University of Muhammadiyah Malang. Implementation of this research involves several steps; a survey the material of concrete and testing steel reinforcement, casting precast slab, moisture concreting precast until 28 days and testing of specimen. Given variations in reinforcement ratio of 0.84%, 1.21% and 1.69% at dimension of the plate (100x50x8) cm. From the results of this study indicate the greater reinforcement ratio the greater the ultimate bending moment. On plate supported two sides and four sides (x-direction), the largest obtained at $\rho = 1.69\%$ (respectively increased by 24.36% and 28.39% compared with $\rho = 0.84\%$), while in (y-direction) half times its value (x-direction). The greater the reinforcement ratio $\rho = 1.69\%$ distance between the crack that appears more narrow than the $\rho = 0.84\%$. In addition, crack of length and crack propagation increment at $\rho = 1.69\%$ shorter than $\rho = 0.84\%$.

Key-words: Precast slab, transversal of reinforcement, bending of moment, crack

ABSTRAK

Dengan perkembangan teknologi dalam dunia konstruksi khususnya penggunaan pelat pracetak maka diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu masukan bagi para praktisi, peneliti dan lembaga pendidikan. Penelitian ini menunjukkan pengaruh variasi rasio tulangan terhadap perilaku retak dan lentur pada pelat pracetak. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknologi Beton Universitas Muhammadiyah Malang. Pelaksanaan penelitian ini meliputi beberapa tahap yaitu; pemeriksaan bahan penyusun beton dan uji tarik baja tulangan, pengecoran pelat pracetak, perawatan pelat pracetak dengan menutup karung basah selama 28 hari dan selanjutnya dilakukan pengujian. Diberikan variasi rasio tulangan sebesar 0,84 %, 1,21 % dan 1,69 % pada pelat (100x50x8) cm. Dari hasil penelitian ini menunjukkan semakin besar rasio tulangan semakin besar pula momen lentur ultimit. Pada pelat 2 sisi dan 4 sisi (arah x) terbesar diperoleh pada $\rho = 1,69\%$ (masing-masing meningkat 24,36 % dan 28,39 % dibanding dengan $\rho = 0,84\%$), sedangkan pada (arah y) nilainya setengah kali (arah x). Semakin besar rasio tulangan $\rho = 1,69\%$ jarak antar retak yang muncul semakin sempit dibanding $\rho = 0,84\%$. Selain itu panjang retak dan pertambahan panjang retak pada $\rho = 1,69\%$ lebih pendek dibanding $\rho = 0,84\%$.

Kata-kata kunci: Pelat pracetak, rasio tulangan, momen lentur, retak

PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya teknologi untuk membuat pelat lantai beton, pelat lantai pracetak adalah salah satu teknologi yang sering dipakai dalam sebuah konstruksi. Sebenarnya, teknologi ini bukan barang baru, namun baru-baru ini mencuat ke permukaan. Pelat lantai pracetak adalah pelat lantai yang berbentuk segmen-segmen dan siap pakai. Pelat lantai pracetak dibuat tidak pada saat pengerjaan atau cor di tempat (*cast in site*), sehingga bisa mempersingkat waktu pengerjaan (Ngo, 2001; Romel, 2005-c). Penelitian terdahulu (Harmaji, 2005; Juarto, dkk., 2006) menjelaskan bahwa rasio tulangan mempengaruhi besarnya kapasitas geser pada pelat dan pola retak lentur pelat yang terjadi sejajar pada batas antara jalur kolom dengan jalur tengah. Sedangkan untuk pola retak geser yang terbentuk vertikal pada daerah kolom dan diagonal terhadap sisi kolom. Penelitian yang dilakukan menggunakan model pelat datar dengan atau tanpa drop panel pada daerah kolom. Sedangkan penelitian mengenai pola retak dan kapasitas lentur pada pelat pracetak sampai saat ini belum banyak dikembangkan. Pengaruh orientasi dan jumlah penulangan pada pelat datar satu arah telah dilakukan pada rasio tulangan 0,56 %

dan 1,13 % serta orientasi penulangan pada sudut 0°, 45° dan 60°. Dimana beban retak dan ultimit terbesar diperoleh pada sudut penulangan 0° yakni 25 kN dan 254 kN untuk setiap rasio yang diberikan (Tavio, et al., 2002). Distribusi tulangan mempengaruhi kapasitas lentur pelat datar, hal ini terlihat dari pelat dengan rasio tulangan yang besar mampu menahan beban yang besar dan memiliki nilai momen yang besar pula yaitu pada rasio tulangan 2,62 %. Untuk setiap distribusi tulangan, nilai kapasitas dan momen yang terbesar dimiliki oleh pelat dengan orientasi penulangan 90°, diikuti orientasi penulangan 45° dan 60°. Pelat dengan rasio tulangan rendah mempunyai jumlah retak yang sedikit dan untuk setiap kenaikan beban hanya menambah lebar dari retak itu sendiri. Pada rasio tulangan yang besar retak yang terjadi bertambah banyak seiring dengan kenaikan beban tetapi lebar retak yang terjadi semakin kecil (Wallace, 2001; Eko, et al., 2004; Romel, 2005b). Rasio tulangan mempengaruhi besarnya kapasitas geser, dimana pada penggunaan penulangan pelat dan tulangan geser akan meningkatkan kapasitas 29 % sampai dengan 58 % (Romel, 2005a). Dengan mengacu pada hasil penelitian oleh Juarto dan teman-teman maka perlu diadakan penelitian lanjutan guna mengetahui pengaruh variasi rasio tulangan terhadap

perilaku retak dan lentur pada pelat pracetak sehingga didapat beberapa rumusan masalah antara lain bagaimana pengaruh rasio tulangan pada pelat pracetak terhadap kapasitas momen lentur serta bagaimana pengaruh rasio tulangan pada pelat pracetak terhadap pola retak dan keruntuhan pelat.

Pada penelitian ini ada beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam yaitu untuk mengetahui pengaruh rasio tulangan pada pelat pracetak terhadap kapasitas momen lentur serta mengetahui pengaruh rasio tulangan pada pelat pracetak terhadap pola retak dan keruntuhan pelat.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian ini akan membuat uji eksperimen pada 18 (delapan belas) pelat persegi beton bertulang dengan mutu 28 MPa berukuran (100x50) cm dengan tebal 8 cm, dimana setiap 3 pelat diberi penulangan transversal yang berbeda untuk masing-masing tumpuan pelat dua sisi dan empat sisi seperti terlihat pada gambar 1. Penulangan utama pelat diberikan dengan rasio 1,21% atau $6 \phi 50$ mm baik untuk pelat yang ditumpu dua sisi maupun empat sisi. Sedangkan untuk penulangan arah transversal pelat diberi rasio penulangan bervariasi, masing-masing sebesar 0,84%, 1,21% dan 1,69%.

Tabel 1. Penomoran benda Uji Pelat

Kode benda uji ^{a)}	Ukuran Pelat (cm)	Tulangan pelat (mm)		Tumpuan Pelat
		arah-y	arah-x	
PC2S 50-35L	(50x100x 8)	Ø6 - 50	Ø6 - 35	2 Sisi
PC4S 50-35L	(50x100x 8)	Ø6 - 50	Ø6 - 35	4 Sisi
PC2S 50-50L	(50x100x 8)	Ø6 - 50	Ø6 - 50	2 Sisi
PC4S 50-50L	(50x100x 8)	Ø6 - 50	Ø6 - 50	4 Sisi
PC2S 50-75L	(75x100x8)	Ø6 - 50	Ø6 - 75	2 Sisi
PC4S 50-75L	(75x100x8)	Ø6 - 50	Ø6 - 75	4 Sisi

^{a)} Setiap varian terdiri 3 benda uji dengan tambahan inisial a, b dan c

Bahan dan alat penelitian

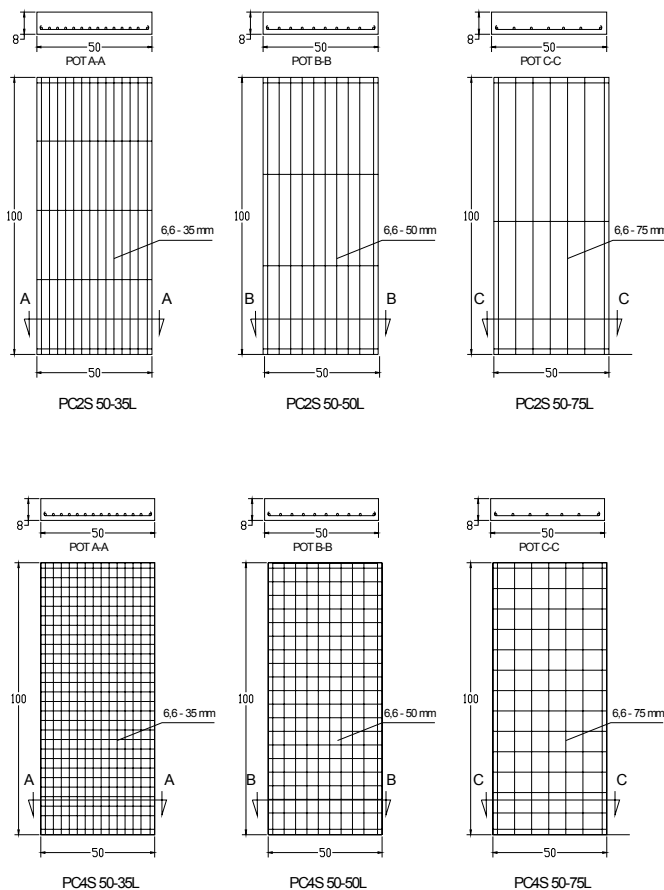
Bahan penelitian yang digunakan antara lain : beton dengan agregat maksimum 20 mm, slump 150 mm, fas 0,55; baja tulangan diameter 6 mm, minimal $f_y = 240$ MPa, cetakan pelat dari multipleks 12 mm dan kayu meranti 4/6.

Peralatan utama yang digunakan antara lain *loading frame*, kapasitas 25 ton; *hydraulic jack* dan *pump hidrolic*, kapasitas 50 ton ; *load cell*, kapasitas 30 ton ; *load indicator*, tipe digital dengan ketelitian 5 kg ; *dial gauge*, maksimal pembacaan 30 mm dengan ketelitian 0,01 mm ; *universal testing machine*, kapasitas 30 ton ; *compression testing machine*, kapasitas 100 ton.

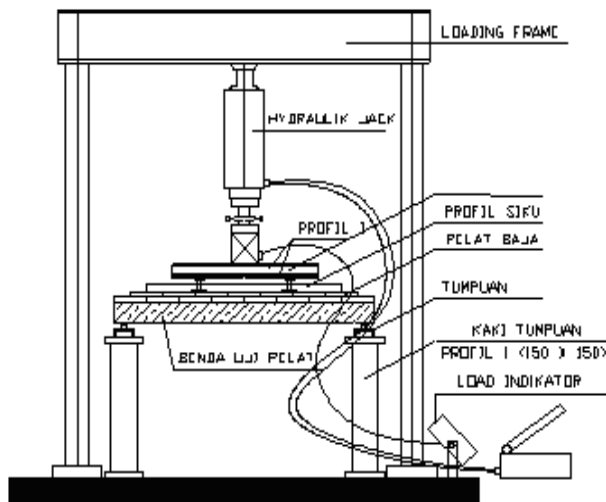
Setting Pengujian

Pengujian pelat dilakukan dengan memberikan beban merata melalui beban *hydraulic jack* yang dipasang pada tengah-tengah panel pelat dan diantara pelat dan *jacking* dipasang gelagar baja yang saling bersilang dengan jarak 10 cm.

Pembebanan dilakukan secara bertahap dengan interval penambahan beban setiap 100 kg. Pelat uji ditumpu oleh 4 (empat) kolom baja yang dihubungkan dengan gelagar-gelagar baja satu sama lainnya (lihat gambar-2). Pengamatan lendutan dilakukan pada beberapa titik, antara lain pada tengah bentang panel pelat, pada jarak $\frac{1}{4}$ bentang panel untuk masing-masing arah pelat. Beban diberikan sampai pelat beton mengalami retak pertama dan diteruskan hingga mencapai kondisi ultimit dengan mengamati pola retak dan panjang retak yang terjadi.



Gambar 1. Rancangan benda uji pelat

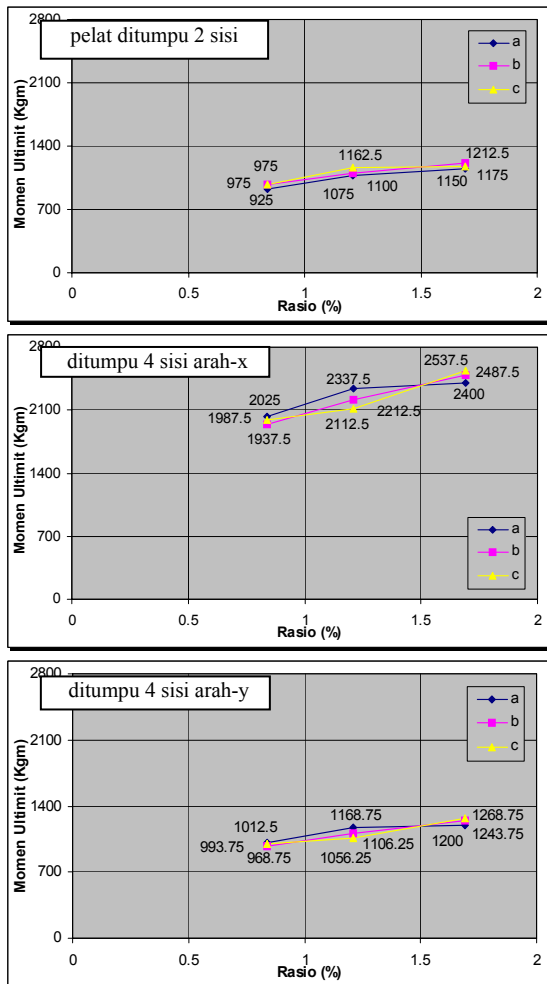


Gambar 2. Set-up pengujian pelat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Momen Lentur Pelat

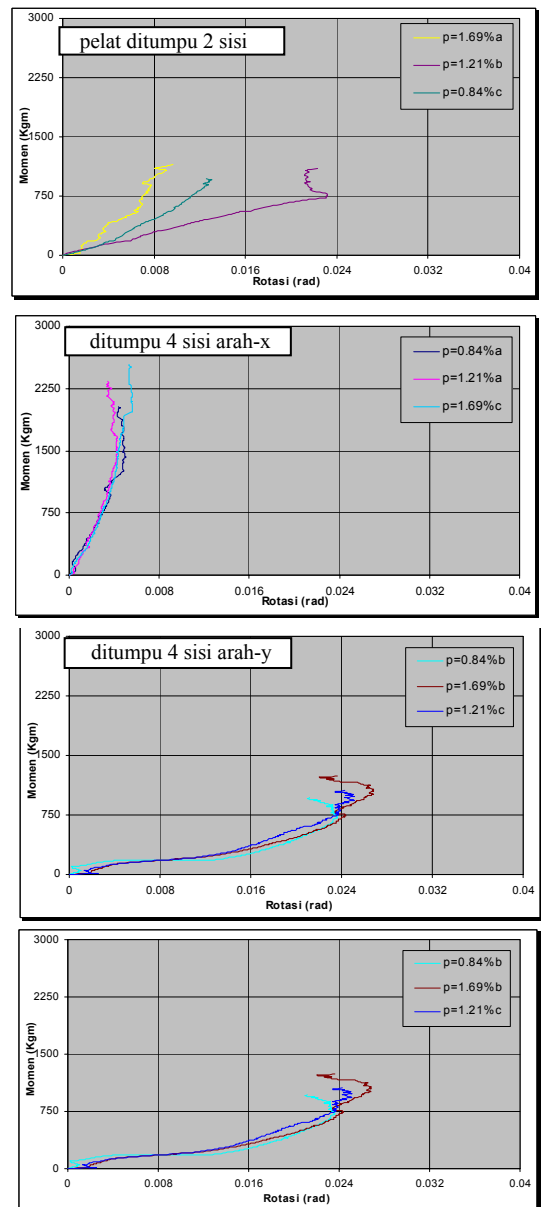
Gambar-3 menjelaskan adanya pengaruh dari variasi rasio tulangan transversal terhadap peningkatan kapasitas momen pelat. Dilihat dari grafik hubungan momen *ultimit* dan rasio penulangan transversal tersebut, bahwa akibat penambahan tulangan transversal dapat meningkatkan momen *ultimit* pelat pracetak yang ditumpu dua sisi sebesar 24,32 % dan 24,36 % untuk kode inisial a dan b serta 20,51 % untuk kode inisial c, sedangkan untuk pelat pracetak yang ditumpu empat sisi meningkat sebesar 28,39 % dan 27,67 % untuk kode inisial b dan c serta 18,52 % untuk kode inisial a. Pada semua rasio tulangan yang diberikan, momen *ultimit* pelat yang ditumpu empat sisi (arah-x) memiliki nilai rata-rata dua kali lebih besar jika dibandingkan dengan pelat yang hanya ditumpu dua sisi. Momen *ultimit* terkecil diperoleh pada pelat yang ditumpu dua sisi ($\rho=0,84\%$), yakni sebesar 925 kg-m sedangkan pada pelat yang ditumpu empat sisi (arah-x) diperoleh momen *ultimit* terbesar yakni 2537,5 kg-m pada $\rho=1,69\%$. Momen pelat yang dihasilkan dari tumpuan dua sisi memiliki kecenderungan nilai yang hampir sama dengan momen pelat yang ditumpu empat sisi pada arah-y. Dari uraian di atas menyatakan bahwa pelat dengan variasi rasio tulangan transversal yang besar rata-rata mempunyai nilai momen *ultimit* yang lebih besar.



Gambar 3. Hubungan antara momen *ultimit* dengan rasio tulangan transversal

Kekakuan pelat

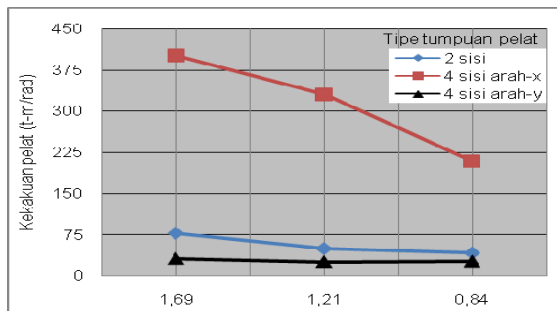
Dari grafik hubungan antara penambahan momen dan rotasi (lihat Gambar-4) yang terjadi daerah tengah pelat untuk masing-masing pengujian pelat terlihat bahwa semakin besar kemiringan *gradien* kurva yang terbentuk maka nilai kekakuan pelat yang dihasilkan makin besar. Kemiringan terbesar dimiliki oleh pelat yang ditumpu empat sisi (arah-x) kemudian diikuti oleh pelat yang ditumpu dua sisi. Sedangkan pelat yang ditumpu empat sisi (arah-y) memiliki kemiringan sudut terkecil. Hal ini menjelaskan bahwa pengaruh pemberian tulangan transversal hanya terlihat pengaruhnya pada pelat pracetak yang ditumpu pada dua sisi saja, sedangkan pada pelat yang ditumpu empat sisi pengaruh tersebut tidak terlihat atau kurva yang diperoleh hampir sama pada setiap rasio penulangan yang diberikan. Penambahan tulangan transversal lebih terlihat pengaruhnya pada pelat yang ditumpu dua sisi dimana pada rasio yang lebih besar ($\rho=1,69\%$) tingkat kekakuan lebih baik pada rasio yang lebih kecil.



Gambar 4. Hubungan antara momen dan kelengkungan pelat

Pada gambar-5 menjelaskan hubungan antara nilai kekakuan pelat terhadap pemberian tumpuan pada pelat untuk masing-masing rasio penulangan transversal. Kekakuan pada pelat yang

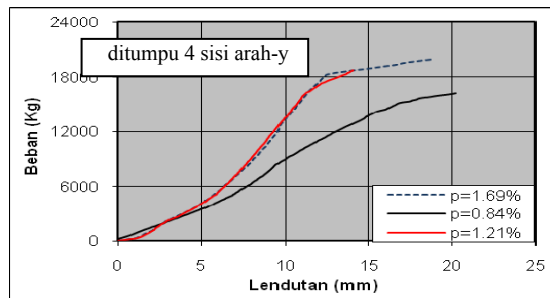
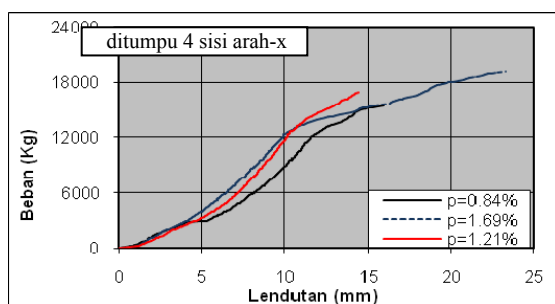
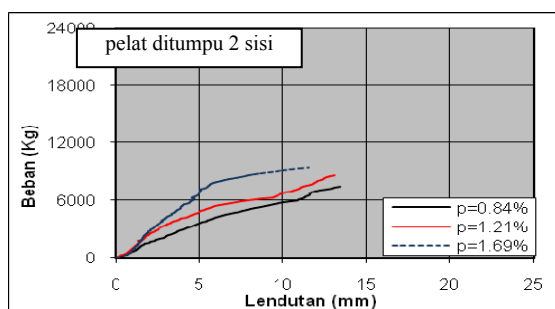
ditumpu empat sisi (arah-x) memiliki nilai terbesar dibandingkan dengan pelat yang ditumpu dua sisi yakni 401 tm/rad ; 330 tm/rad; dan 208 tm/rad untuk masing-masing rasio tulangan 1,69% ; 1,21% dan 0,84%. Sedangkan kekakuan pelat yang ditumpu empat sisi arah-y memiliki nilai kekakuan yang hampir sama dengan kekakuan pelat dua sisi.



Gambar 5. Hubungan kekakuan dengan pemberian tumpuan pelat

Lendutan Pelat

Gambar-6 memperlihatkan hubungan antara beban pelat yang diberikan dengan lendutan pada tengah bentang pelat. Pemberian tulangan transversal akan meningkatkan kapasitas beban pelat dan juga lendutan pada pelat yang ditumpu pada empat sisi, lendutan yang terjadi hampir sama perilakunya baik pada pelat arah-x maupun arah-y. Hal tersebut berbeda dengan pelat yang ditumpu dua sisi, dimana kemampuan pelat untuk menahan beban dan lendutan pada pelat tidak sebesar pelat yang ditumpu empat sisi, walaupun kecenderungan makin banyak tulangan transversal yang diberikan tidak memberikan pengaruh pada besarnya lendutan pelat.

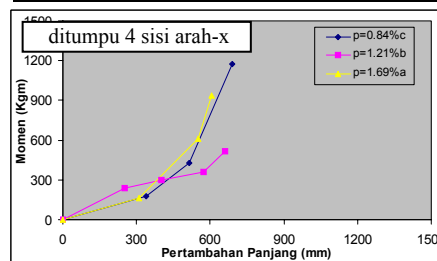
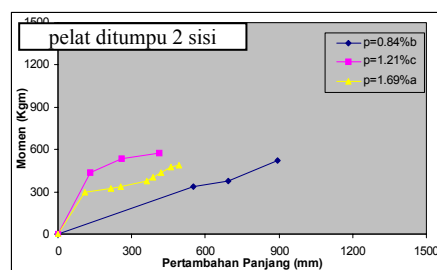


Gambar 6. Hubungan antara beban dan lendutan pelat

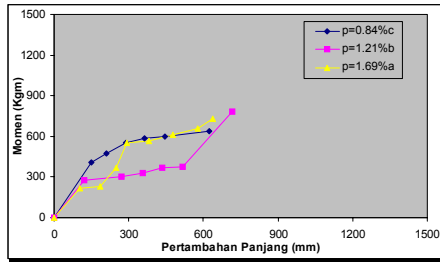
Besarnya lendutan pelat yang ditumpu dua sisi adalah 13,54 mm ; 13,44 mm ; 13,11 mm untuk masing-masing rasio penulangan 1,69% ; 1,21% ; 0,84% dengan beban pelat 9.200 kg; 7.400 kg; dan 8.600 kg. Makin besar lendutan yang terjadi sebenarnya tidak menguntungkan dari aspek *durabilitas* pelat terutama untuk jangka panjang. Pada pelat yang ditumpu empat sisi memiliki lendutan yang relatif besar dari pelat yang ditumpu dua sisi kecuali pada pelat yang diberi rasio penulangan 1,21% yakni 14,07mm. Lendutan yang besar tersebut juga diikuti oleh kemampuan beban pelat yang lebih dua kalinya dibandingkan dengan pelat dengan ditumpu dua sisi. Beban pelat pada empat sisi masing-masing sebesar ; 19.900 kg; 18.700 kg; 16.200 kg untuk rasio tulangan transversal 1,69%; 1,21% dan 0,84%.

Panjang Retak

Dari gambar-7. memperlihatkan adanya pengaruh dari variasi rasio tulangan terhadap terjadinya panjang retak pertama dan pertambahan panjang pada pelat. Untuk pelat pracetak dengan tumpuan dua sisi pelat dengan rasio tulangan 0,84 % memiliki panjang retak pertama paling besar dengan panjang 552 mm, kemudian diikuti rasio tulangan 1,21 % sebesar 131 mm. Sedangkan panjang retak pertama terkecil dimiliki oleh pelat dengan rasio 1,69 % sebesar 111 mm. Sedangkan untuk pelat pracetak dengan tumpuan empat sisi pelat dengan rasio tulangan 0,84 % memiliki panjang retak pertama paling besar dengan panjang 340 mm, kemudian diikuti rasio tulangan 1,69 % sebesar 309 mm. Sedangkan panjang retak pertama terkecil dimiliki oleh pelat dengan rasio tulangan 1,21 % sebesar 251 mm.



ditumpu 4 sisi arah-y



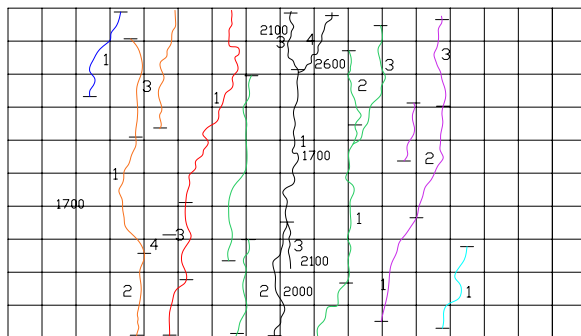
Gambar 7. Pertambahan panjang retak pada pelat

Secara umum dapat diketahui bahwa pelat dengan rasio tulangan kecil memiliki panjang retak pertama yang besar sedangkan pelat dengan rasio tulangan besar mempunyai panjang retak pertama kecil. Secara keseluruhan menunjukkan pola pertambahan panjang retak yang sama, yaitu setelah retak pertama pada setiap segmen pertambahan panjang retak semakin kecil. Hal ini membuktikan bahwa pada beton bertulang beban pertama dipikul oleh beton, setelah terjadi retak tulangan akan menahan retak sehingga pertambahan panjang retak semakin kecil. Hal ini berlangsung selama tulangan belum leleh.

Pola Retak

Gambar-8 memperlihatkan garis ilustrasi terbentuknya pola retak pada tiap-tiap pelat. Hal ini diharapkan dapat membantu pemahaman dalam proses terjadinya pola retak pelat. Retak pertama pada pelat terjadi pada tengah bentang dimana terjadi lendutan paling besar (warna hitam), angka 1 menunjukkan retak awal terjadi pada momen sebesar 1.700 kg-m kemudian diikuti angka 2 dan seterusnya. Warna merah dan lainnya menunjukkan urutan terjadinya retak setelah retak pertama sesuai keterangan diatas. Pola retak yang terjadi pada pelat dapat dilakukan dengan plotting warna retak disesuaikan dengan tahapan kejadian retak pada beton.

- | | |
|-------------------|-----------------------|
| 1 = retak pertama | 7 = retak ketujuh |
| 2 = retak kedua | 8 = retak kedelapan |
| 3 = retak ketiga | 9 = retak kesembilan |
| 4 = retak keempat | 10 = retak kesepuluh |
| 5 = retak kelima | 11 = retak kesebelas |
| 6 = retak keenam | 12 = retak keduabelas |



Gambar 8. Pelat yang ditumpu dua sisi (PC2S 50-35Lb)

Foto pola retak yang direkam pada hasil akhir pengujian pelat untuk masing-masing tipe tumpuan pelat diberikan pada lampiran-L1 dan L2. Gambar-L1 memperlihatkan bahwa pelat ukuran (50x100) cm dengan tumpuan dua sisi, retak awal selalu terjadi pada tengah-tengah bentang pelat. Pengaruh pemberian tulangan transversal ditunjukkan dengan adanya perbedaan jarak antar retak pada setiap rasio tulangan pelat. Pola retak yang terjadi berbentuk lurus memanjang sejajar arah tumpuan atau membentuk sudut 90° terhadap arah tulangan pelat. Pelat dengan rasio

tulangan rendah mempunyai jumlah retak yang sedikit dengan jarak antar retak yang lebih besar dan untuk setiap kenaikan beban hanya menambah lebar dari retak itu sendiri. Pada rasio tulangan yang besar retak yang terjadi bertambah banyak dengan jarak antar retak yang lebih rapat dan lebar retak yang terjadi semakin besar seiring dengan kenaikan beban. Penambahan retak pada sisi kanan dan sisi kiri setelah terjadinya retak pertama menunjukkan pola yang sama. Dari sini dapat ditarik kesimpulan bahwa retak yang muncul pada sisi kanan dan sisi kiri adalah simetris terhadap tengah bentang.

Sedangkan dari gambar-L2. dapat dilihat bahwa pelat ukuran (50x100) cm dengan tumpuan empat sisi, retak awal selalu terjadi pada tengah bentang pelat dimana tempat terjadinya lendutan paling besar. Pola retak tersebut tidak dipengaruhi oleh adanya variasi rasio tulangan, melainkan dipengaruhi oleh jenis tumpuan yaitu tumpuan empat sisi. Pola retak yang terjadi pada pelat tumpuan 4 sisi pada awalnya hampir sama dengan tumpuan dua sisi yaitu berbentuk lurus memanjang sejajar arah sisi pendek tetapi dengan seiringnya penambahan beban, pola retak baru muncul. Seperti terlihat pada gambar, diantara retak-retak yang sudah terbentuk muncul pertambahan retak searah dengan sisi panjang pelat sehingga menyambungkan antara retak-retak tersebut. Pola retak yang baru terbentuk terlihat seperti pola madu pada lebah. Pada dasarnya pola yang seharusnya terjadi pada pelat tumpuan empat sisi (pelat dua arah) adalah pola amplop. Hal ini dikarenakan pelat tumpuan empat sisi di sini memiliki ukuran (50x100) cm, sehingga memiliki rasio bentang $L_y/L_x \geq 2$. Dari hasil pola retak yang didapat saat pengujian seperti terlihat pada gambar-L1 dan gambar-L2 mungkin proses terjadinya pola retak pada masing-masing pelat belum begitu jelas.

KESIMPULAN

Pemberian tulangan transversal mempengaruhi besarnya momen lentur pada pelat pracetak yang ditumpu pada dua sisi dan empat sisi. Semakin besar rasio tulangan transversal pelat yang diberikan akan menghasilkan kapasitas lentur pelat makin besar juga. Pada pelat yang ditumpu dua sisi, momen lentur terbesar diperoleh pada $\rho = 1,69\%$ yakni 1.150 kg-m (meningkat 24,36 % dibanding dengan $\rho = 0,84\%$). Pada pelat empat sisi (arah-x) momen terbesar diperoleh pada $\rho = 1,69\%$ sebesar 2.487,5 kg-m (meningkat 28,39 % dibanding dengan $\rho = 0,84\%$), sedangkan pada (arah-y) nilainya setengah kalinya momen arah-x.

Variasi rasio tulangan transversal akan mempengaruhi juga pola retak dan panjang retak pada pelat pracetak, baik yang ditumpu pada dua sisi maupun pada empat sisi. Semakin besar rasio tulangan $\rho = 1,69\%$ jarak antar retak yang muncul semakin rapat dibanding $\rho = 0,84\%$. Selain itu panjang retak dan pertambahan panjang retak pada $\rho = 1,69\%$ lebih pendek dibanding $\rho = 0,84\%$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas seluruh pembiayaan melalui Penelitian Hibah Bersaing Tahun 2010 dari Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Eko, S., Geger, S., dan Romel, E. (2004). "Uji Eksperimen Pelat Datar Terhadap Orientasi dan Distribusi Tulangan." Skripsi Jurusan Teknik Sipil FT- UMM, Malang.
- Harmaji, Hartono dan Romel, E. (2005). "Study Eksperimen Punching Shear Pada Pelat Datar dengan Pemakaian Shear Connector." Skripsi Jurusan Teknik Sipil FT-UMM, Malang 2005.

Juarto, Tomy, Y. dan Romel, E. (2006). "Studi Eksperimen Punching Shear Pada Pelat Datar Dengan Atau Tanpa Drop Panel." Skripsi Jurusan Teknik Sipil FT-UMM, Malang.

Ngo, D.Tuan, 2001, Punching Shear Resistance of High-Strength Concrete Slabs, *Electronic Journal of Structural Engineering*, Australia.

Romel, E. (2005a). "Geser Pons dan Pola Retak pada Pertemuan Kolom dengan Pelat Datar." *Media Teknik Sipil*, Vol.3, No.2, Agustus 2005, ISSN 1693-3095 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang.

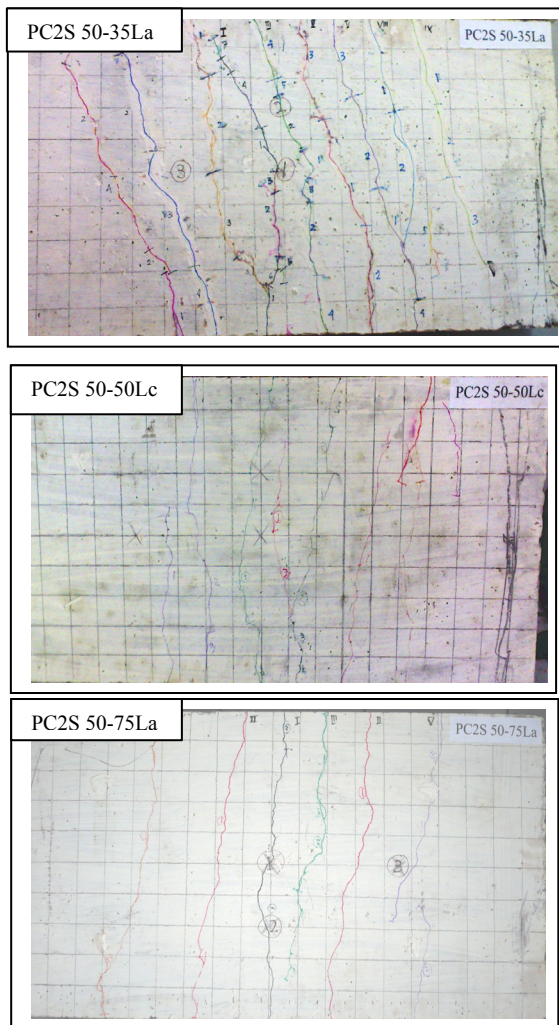
Romel, E. (2005b). "Kemampuan Layanan Pelat Datar pada Daerah Kolom yang diberi Perkuatan Geser." *Proceeding Semi-*

nar Nasional Teknologi, UTY, Yogyakarta, 10 Desember 2005, ISBN 979-98964-1-X.

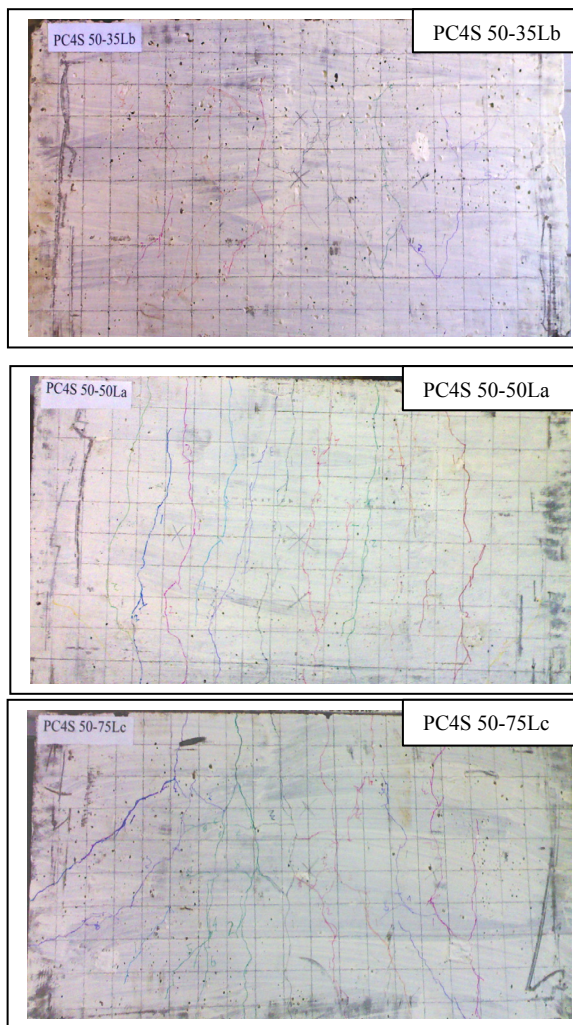
Romel, E. (2005c). "Pengaruh Arah Penulangan dan Ratio Tulangan Terhadap Perilaku Pelat Datar Beton Bertulang." *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik, Diagonal*, Vol.6, No.3, edisi November 2005, ISSN 1410-8186, Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang.

Tavio, Tang, H. N., and Teng, S. (2002). "Deflections Of One-way Reinforced Concrete Slabs With Various Reinforcement Orientations." *Proceeding, APEC Constructions*, 2002 ISBN 979-8954-21-1.

Wallace, J. W, Kang, T.H.K., and Changsoon, R.H.A. (2003). *Seismic Performance of Flate Plate System*, UCLA, USA.



Gambar-L1. Pola retak pada pelat yang ditumpu sisi



Gambar-L2. Pola retak pada pelat yang ditumpu empat sisi