

ANALISIS DAN EXPERIMEN PERKUATAN PLAT LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN FRP

Liberti Silitonga¹, Johannes Tarigan¹, A. Perwira Mulia Tarigan¹, Andar Sitohang²

¹Universitas Sumatera Utara (USU), Medan, Indonesia

²Akademi Teknik Deli Serdang, Indonesia

Email: silitongaberti88@gmail.com, johannes_tarigan@yahoo.com,
a.perwira.mulia@gmail.com, sitohanga72@gmail.com

Abstrak

Pelat adalah salah satu elemen yang sangat penting dalam suatu bangunan. Pada beberapa bangunan pasti ditemukan pelat, baik pelat lantai maupun pelat atap yang mengalami keretakan. Keretakan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, baik dari kualitas materialnya maupun teknik dalam pengerjaannya serta akibat bencana alam. Metode pengujian dilakukan terhadap 4 (empat) buah benda uji pelat beton bertulang ukuran 2250 x 100 x 150 cm dalam memikul beban yang menghasilkan lentur murni dan ke 4 (empat) kelompok benda uji yaitu pelat beton bertulang normal dan balok beton bertulang dengan perkuatan CFRP dengan metode dilapisi Plat dengan 1 Lapis CFRP satu arah (*Unidirectional*), Plat dengan 1 Lapis CFRP dua arah (*Bidirectional*) dan Plat dengan 1 Lapis CFRP tiga arah (*Pseudoisotropic*) Selanjutnya benda uji diberikan beban terpusat sampai pelat beton bertulang runtuh sehingga diketahui beban maksimum dan lendutannya. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa penambahan dilapisi Plat dengan 1 Lapis CFRP satu arah (*Unidirectional*) mampu meningkatkan kuat lentur sebesar 72,22 % dari kekuatan awalnya dan Plat dengan 1 Lapis CFRP dua arah (*Bidirectional*) mampu meningkatkan kuat lentur sebesar 77,78 % dari kekuatan awalnya serta Plat dengan 1 Lapis CFRP tiga arah (*Pseudoisotropic*) mampu meningkatkan kuat lentur sebesar 94,44 %. Dari kekuatan awalnya.

Kata Kunci: pelat bertulang; kuat lentur; CFRP

Abstract

*Plates are one of the most important elements in a building. In some buildings, there must be plates, both floor plates and roof plates that are cracked. These cracks can be caused by several factors, both from the quality of the material and the technique in the process as well as due to natural disasters. The test method was carried out on 4 (four) reinforced concrete slabs measuring 2250 x 100 x 150 cm in carrying a load that resulted in pure bending and 4 (four) groups of test objects, namely normal reinforced concrete slabs and reinforced concrete beams with CFRP reinforcement with method coated Plate with 1 Layer of CFRP one way (*Unidirectional*), Plate with 1 Layer of CFRP two-way (*Bidirectional*) and Plate with 1 Layer of three-way CFRP (*Pseudoisotropic*) Furthermore, the test object is given a concentrated load until the reinforced concrete slab collapses so that the*

maximum load and deflection are known. The experimental results showed that the addition of a plate with 1 layer of CFRP in one direction (Unidirectional) was able to increase the flexural strength by 72.22% of its initial strength and a plate with one layer of CFRP in two directions (Bidirectional) was able to increase the flexural strength by 77.78% of its initial strength. and Plate with 1 layer of three-way CFRP (Pseudoisotropic) able to increase the flexural strength by 94.44%. From its initial strength.

Keywords: reinforced plate; flexural strength; CFRP

Pendahuluan

Pelat lantai adalah salah satu elemen yang sangat penting dalam suatu bangunan. Pada beberapa bangunan gedung bertingkat pasti ditemukan pelat, baik pelat lantai maupun pelat atap yang mengalami keretakan. Keretakan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, baik dari kualitas materialnya maupun teknik dalam pengerjaannya serta akibat bencana alam dan kelebihan beban.

Kondisi retak pada pelat lantai jika tidak ditangani dengan tepat dapat menyebabkan bangunan menjadi runtuh. Maka dengan berkembangnya teknologi saat ini terutama dibidang kontruksi, telah ditemukan beberapa alternative yang menjadi pilihan untuk menghadapi bangunan yang mengalami keretakan pada pelatnya. Termasuk perkuatan struktur kini menjadi pilihan tanpa harus membongkar bangunan tersebut.

Penelitian-penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan perbaikan struktur dengan menambahkan perkuatan sudah banyak dilakukan oleh banyak peneliti diantaranya, *Juandra Hartono, Dkk (2010)*, “Perkuatan Lentur Pelat Lantai Tampang Persegi Dengan Penambahan Tulangan Tarik Dan Komposit Mortar”, *Patricia Kembuan Steenie E. Wallah, Servie O. (2018)*, “Desain Praktis Pelat Konvensional Dua Arah Beton Bertulang”. *Indriyani Puluhulawa. (2015)*. “Kapasitas Lentur Perkuatan Pelat Beton Bertulang Menggunakan Kabel Baja Dan Mortar”. *Indriyani Puluhulawa, Alamsyah, (2019)*, “Perkuatan Pelat Lantai Beton Bertulang Menggunakan Baja Ringan Dan Sikadur Cf-31”, *I Nyoman Ardika, Dkk (2019)*, “Studi Eksperimen Pelat Beton Bertulang Pracetak Satu Arah Berpenampang “U” Sebagai Alternatif Struktur Lantai”. *Widya Desni Sitorus, Sutrisno, (2016)*. “Analisa Dimensi Dan Tulangan Pelat Lantai Pada Ruko R1- Gabung No. 18, 20, 26, 28, 30, 32 Dan 36 Bangunan Citraland Bagya City Medan”, *Heri Purnomo, Dian Sestining Ayu,. (2019)*, “Analisis Struktur Perkuatan Jembatan Beton Menggunakan Steel Plate Bonding Dan Fiber Reinforced Polymer (Frp) Untuk Mendukung Efisiensi Biaya Pekerjaan”, *Samuel Agustinus, Cindrawaty Lesmana. (2019)*. “Perbandingan Analisis Perkuatan Struktur Pelat Dengan Metode Elemen Hingga”. *Endah Kanti Pangestuti, (2009)* “Penggunaan CFRP sebagai bahan komposit eksenternal pada struktur balok beton bertulang”, *Ireneus Petrico G,(2013)* “Perbandingan kekuatan lentur balok beton bertulang dengan menggunakan perkuatan CFRP dan GFR” *Simbolon, Albert., dan Johannes Tarigan*2018).*”The Experience of

Retrofit Design in Using CFRP of Building Case Study of the Ramp Structure of Palm Oil Mill in South Sumatera” Tarigan, Johannes., Nursyamsi, dan Randi Meka.(2018). “The usage of carbon fiber reinforcement polymer and glass fiber reinforcement polymer for retrofit technology building”.

Dalam penelitian ini digunakan CFRP untuk perkuatan struktur pelat satu arah dengan lapisan 1 lapis yang berguna mengetahui perilaku lentur dan pola retak pelat dibandingkan dengan pelat tanpa menggunakan perkuatan CFRP serta variasi jenis pelapisan CFRP pada plat sehingga dapat disimpulkan mana yang paling efektif digunakan.

Metode Penelitian

Pendekatan yang dipilih penulis dalam penelitian ini yaitu dengan pengujian benda uji yang dibuat sendiri di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Penelitian menggunakan alat uji Static Loading Frame dengan dua titik pembebanan. Proses pembebanan sendiri dilakukan secara berkala untuk mengamati proses terbentuknya retakan dan runtuh dari benda yang diuji. Tahapan pelaksanaan penelitian sebagai berikut:

1. Persiapan alat dan bahan penelitian

Persiapan alat meliputi cetakan benda uji plat, alat pengaduk, *vibrator*, kerucut abrahams untuk pengujian slump dan alat pendukung lainnya.

2. Pengujian sifat fisis material untuk agregat kasar, agregat halus, *fly ash*

Sebelum *mixing* dilakukan, masing-masing material diuji karakteristiknya agar didapat data yang berguna untuk perencanaan di *mix design*.

3. Perencanaan komposisi campuran

Perencanaan campuran atau *mix design* dilakukan berdasarkan data–data karakteristik masing–masing material yang telah diuji untuk mendapatkan komposisi masing–masing variasi campuran.

4. Pembuatan campuran beton (*Mixing*)

Pembuatan benda uji berdasarkan komposisi dari *mix design* yang telah dibuat.

5. Pemeriksaan *slump*

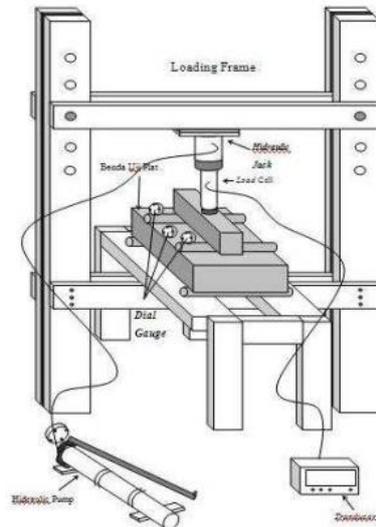
Pemeriksaan *slump* dilakukan untuk mengetahui tingkat workability dari campuran beton segar. Semakin banyak air yang digunakan semakin mudah workability nya dan semakin besar juga nilai slumpnya, tetapi berpengaruh terhadap nilai pengujian yang akan dilakukan.

6. Pencetakan (*Moulding*)

Benda uji yang digunakan adalah pelat beton dengan dimensi 2100 mm x 1000 mm x 100 mm. Saat pencetakan dilakukan juga pemadatan baik dengan cara merojok maupun dengan menggunakan alat seperti *vibrator* agar tidak terdapat udara dalam campuran beton segar sehingga tidak menimbulkan rongga (voids) yang berpengaruh terhadap nilai pada saat pengujian.

7. Pengujian plat kontrol (PK) dengan alat Jack Hidraulic di Static Loading Frame sampai runtuh.

8. Setelah didapat beban maksimum dari plat control (PK), 6 benda uji plat lainnya diberi 70% dari beban runtuh plat kontrol (PK) lalu dilapisi dengan perkuatan GFRP dan diuji kembali sampai runtuh.
9. Menganalisa data hasil pengujian yang telah dilakukan.
10. Dibuat kesimpulan terhadap hasil penelitian.



Gambar 1
Skema Pengujian Lentur Pelat Beton

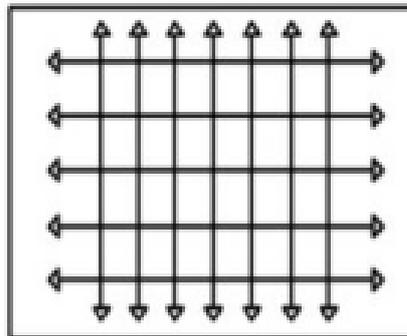
Rencana campuran beton (mix design) dihitung berdasarkan data-data yang diperoleh dari uji bahan dasar dengan kekuatan tekan (f'_c) 25 MPa dan slump sedang. Sampel-sampel uji selanjutnya dirawat (curing) dalam ruangan dan lembab sampai umur pengujian yaitu 28 hari. Jumlah benda uji yang digunakan seperti tabel dibawah ini :

Tabel 1
Variasi Benda Uji

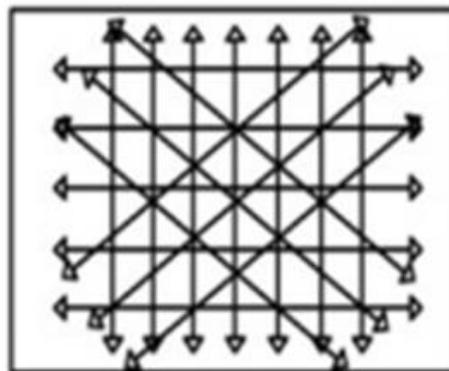
| Jenis Pengujian | Jenis Benda Uji | Kode | Jumlah |
|------------------------|---|------|--------|
| Uji Kuat Lentur | Plat Kontrol | PK | 1 |
| | Plat dengan 1 Lapis CFRP satu arah (<i>Unidirectional</i>) | P1 | 1 |
| | Plat dengan 1 Lapis CFRP dua arah (<i>Bidirectional</i>) | P2 | 1 |
| | Plat dengan 1 Lapis CFRP tiga arah (<i>Pseudoisotropic</i>) | P3 | 1 |



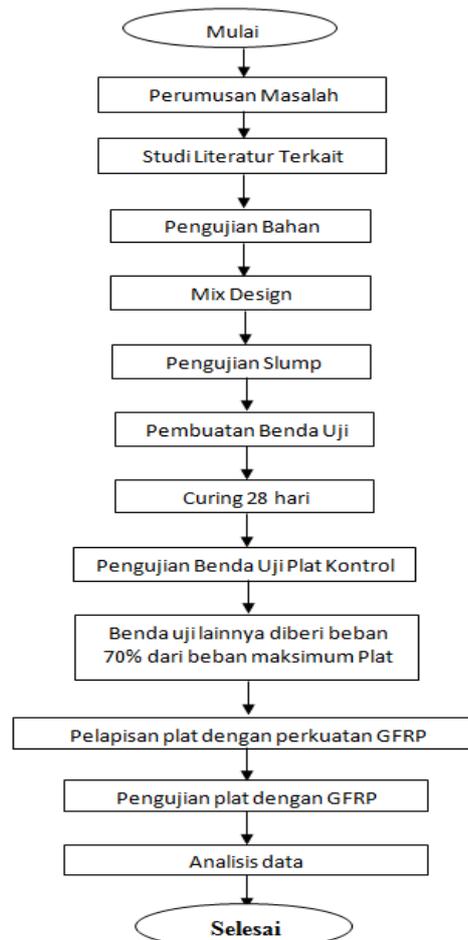
Gambar 2
Pelat dengan 1 Lapis CFRP satu arah (*Unidirectional*)



Gambar 3
Pelat dengan 1 Lapis CFRP dua arah (*Bidirectional*)



Gambar 04
Pelat dengan 1 Lapis CFRP tiga arah (*Pseudoisotropic*)



Gambar 5
Diagram Alir Penelitian

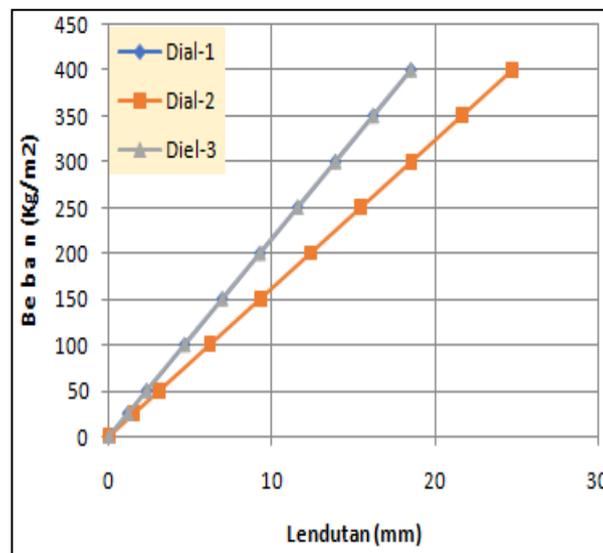
Hasil dan Pembahasan

1. Analisis Lendutan pada pelat Beton Kontrol

Pada bagian ini akan dibahas perhitungan lendutan secara analitis yang akan terjadi jika pelat beton bertulang (balok kontrol) diberi P_{terpusat} yang telah dihitung sebelumnya. Perhitungan ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2
Perhitungan Lendutan Yang Terjadi
Pada Balok Kontrol

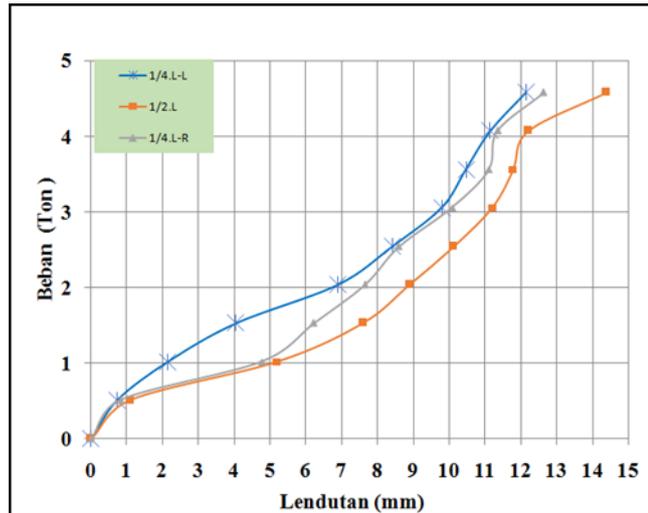
| No. | Beban (Kg/m ²) | Lendutan | | |
|-----|----------------------------|----------|---------|---------|
| | | Dial -1 | Dial -2 | Dial -3 |
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 25.00 | 1.16 | 1.55 | 1.16 |
| 3 | 50.00 | 2.32 | 3.09 | 2.32 |
| 4 | 100.00 | 4.64 | 6.18 | 4.63 |
| 5 | 150.00 | 6.96 | 9.27 | 6.95 |
| 6 | 200.00 | 9.28 | 12.36 | 9.26 |
| 7 | 250.00 | 11.59 | 15.45 | 11.58 |
| 8 | 300.00 | 13.91 | 18.54 | 13.89 |
| 9 | 350.00 | 16.23 | 21.63 | 16.21 |
| 10 | 400.00 | 18.55 | 24.72 | 18.52 |



Gambar 6
 Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Pelat

2. Pengujian Pelat Beton Tanpa Perkuatan

Pada pelat beton bertulang tanpa perkuatan/pelat Kontrol (PK), pengujian yang dilakukan meliputi, pengujian lenturan di tiga titik (yakni 1/4L, 1/2L, dan 3/4L), serta daya dukung maksimum sampai balok terjadi retakan dan pembacaan dial konstan dengan kenaikan sebesar 0,5 ton, dapat dilihat pada grafik Gambar 12 di bawah ini.



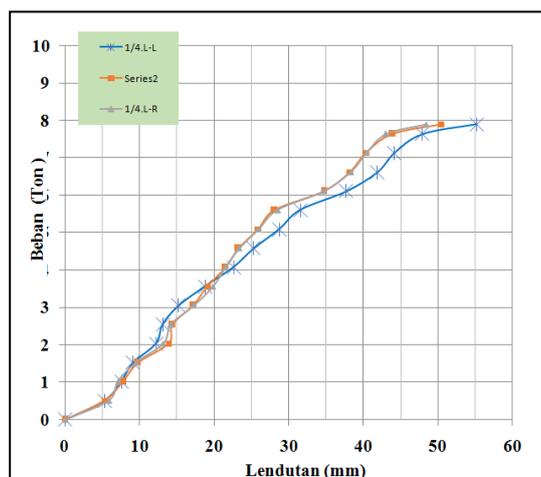
Gambar 7
Grafik Hubungan Beban-Lendutan Pada Pelat Tanpa Perkuatan (PK)

Pada Gambar 12 terlihat bahwa retak pertama terjadi pada saat beban 1,02 ton dengan lendutan 5,20 mm. Pada praretak, kurva dari beban defleksi masih merupakan garis lurus yang memperlihatkan perilaku elastis penuh. kemudian pada kondisi daerah 1/4L, Akhirnya pada suatu titik tertentu pelat beton desak mengalami rusak (pecah atau *spalling*) sehingga jika beban ditambah sedikit saja maka pelat tidak dapat lagi menahan beban dan akhirnya runtuh. Beban batas/maskimum masih dapat dipikul oleh pelat ditunjukkan pada beban 4,58 ton.

3. Pengujian Pelat Beton dengan Perkuatan CRFP

a. Perkuatan Pelat (P1) dengan 1 Lapis CFRP satu arah (*Unidirectional*)

Hasil Pengujian penurunan pelat beton bertulang dengan Perkuatan Pelat (P1) dengan 1 Lapis CFRP satu arah (*Unidirectional*) dengan perekat sikadur dapat dilihat pada gambar 13 di bawah ini:

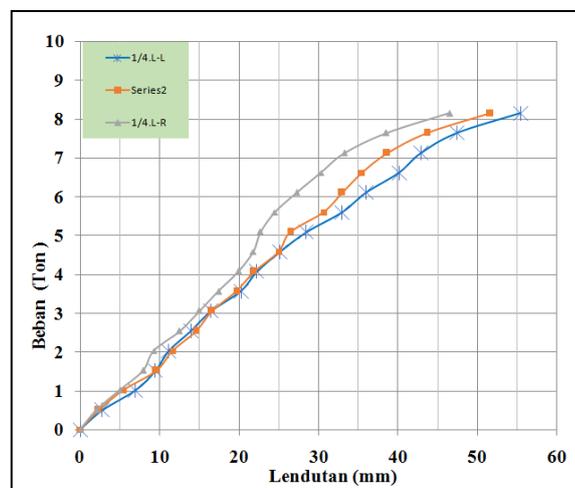


Gambar 8
Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Pelat dengan 1 Lapis CFRP satu arah (*Unidirectional*)

Pada Gambar 13 terlihat bahwa retak pertama terjadi pada saat beban 2,04 ton. Pada praretak, kurva dari beban defleksi masih merupakan garis lurus yang memperlihatkan perilaku elastis penuh. Kemudian pada kondisi daerah 1/4L, Akhirnya pada suatu titik tertentu beton desak mengalami rusak (pecah atau *spalling*) sehingga jika beban ditambah sedikit saja maka pelat tidak dapat lagi menahan beban dan akhirnya runtuh. Beban batas/maskimum yang masih dapat dipikul oleh pelat ditunjukkan pada beban 7,89 ton.

b. Perkuatan Pelat (P2) dengan 1 Lapis CFRP dua arah (*Bidirectional*)

Hasil Pengujian penurunan pelat beton bertulang dengan Perkuatan Pelat (P2) dengan 1 Lapis CFRP dua arah (*Bidirectional*) dengan perekat sikadur dapat dilihat pada Gambar 14 di bawah ini.



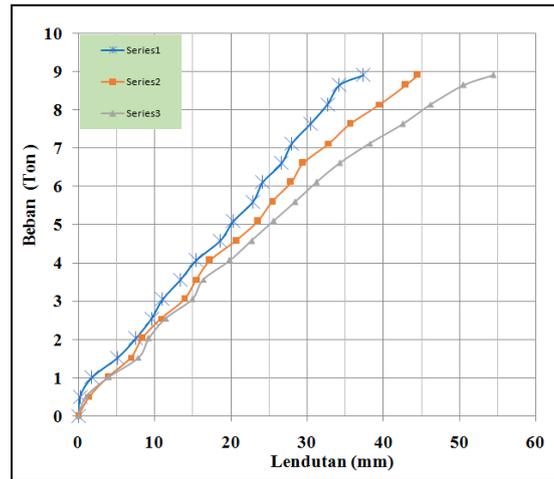
Gambar 9

Grafik Hubungan Beban-Lendutan dengan Pelat dengan 1 Lapis CFRP dua arah (*Bidirectional*)

Pada Gambar 14 terlihat bahwa retak pertama terjadi pada saat beban 2,04 ton dengan lendutan 11,61 mm. Pada praretak, kurva dari beban defleksi masih merupakan garis lurus yang memperlihatkan perilaku elastis penuh. Akhirnya pada suatu titik tertentu beton desak mengalami rusak (pecah atau *spalling*) sehingga jika beban ditambah sedikit saja maka balok tidak dapat lagi menahan beban dan akhirnya runtuh. Beban batas/maskimum dapat dipikul oleh pelat balok ditunjukkan pada beban 8,15 ton.

c. Perkuatan Pelat (P3) dengan 1 Lapis CFRP tiga arah (*Pseudoisotropic*)

Hasil Pengujian penurunan pelat beton bertulang dengan Pelat dengan 1 Lapis CFRP tiga arah (*Pseudoisotropic*) dengan perekat sikadur dapat dilihat pada Gambar 15 di bawah ini.



Gambar 10
Grafik Hubungan Beban-Lendutan dengan Pelat dengan 1 Lapis CFRP tiga arah (*Pseudoisotropic*)

Pada Gambar 15 terlihat bahwa retak pertama terjadi pada saat beban 3,05 ton dengan lendutan 15,95 mm. Pada praretak, kurva dari beban defleksi masih merupakan garis lurus yang memperlihatkan perilaku elastis penuh. Akhirnya pada suatu titik tertentu beton desak mengalami rusak (pecah atau spalling) sehingga jika beban ditambah sedikit saja maka balok tidak dapat lagi menahan beban dan akhirnya runtuh. Beban batas/maskimum dapat dipikul oleh pelat balok ditunjukkan pada beban 8,91 ton.

4. Pola Retak yang Terjadi pada Balok Beton

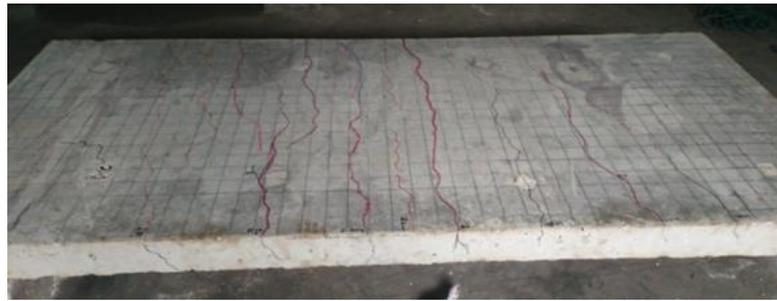
Ada tiga jenis pola retak yang terjadi pada balok yaitu:

- a. Retak lentur
- b. Retak geser
- c. Retak kombinasi antara lentur dan geser

Pada pengujian, pola retak yang terjadi dapat ditampilkan sebagai berikut:

5. Retak Pelat Beton Tanpa Perkuatan

Retak lentur yang memiliki pola vertical terhadap sumbu Y, seperti yang terlihat dalam Gambar 16. Retak lentur biasanya terjadi disebabkan oleh beban yang melebihi kemampuan balok. Di mana retakan pertama yang terjadi yaitu pada saat beban 2,04 ton, kemudian disusul dengan retakan berikutnya dengan mencapai beban ultimate yaitu 4,58 ton. Gambar di atas menunjukkan bahwa retakan yang terjadi adalah vertical, sehingga dapat disimpulkan retak yang terjadi adalah retak lentur.



Gambar 11
Pola Retak Lentur pada Pelat
beton Tanpa Perkuatan (PK)

6. Retak Pelat Beton dengan Perkuatan CRFP

a. Perkuatan Pelat (P1) dengan 1 Lapis CFRP satu arah (*Unidirectional*)

Retak geser yang memiliki pola sejajar, seperti yang terlihat dalam Gambar 17. Retak lentur terjadi setelah adanya retak lentur yang memiliki pola vertikal. Retak geser terjadi pada balok yang menggunakan perkuatan Pelat (P1) dengan 1 Lapis CFRP satu arah (*Unidirectional*) dengan perekat sicadur. Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa balok betonnya lemah dalam gaya tarik dari pada gaya tekan. Di mana retak pertama yang terjadi saat dibebani 2,05 ton, kemudian retak ini perlahan bertambah besar. Hingga beban ultimate pola retak yang terjadi adalah retak vertikal yaitu pada saat pembebanan 7,89 ton.



Gambar 12
Pola Retak Lentur di Sekitar (1/4L-R) pada
Pelat dengan 1 Lapis CFRP satu arah (*Unidirectional*)

b. Perkuatan Pelat (P2) dengan 1 Lapis CFRP dua arah (*Bidirectional*)

Retak geser yang memiliki pola vertical pada posisi 1/4L dan 3/4 R, seperti yang terlihat dalam Gambar 18 Retak geser terjadi setelah adanya retak lentur yang memiliki pola vertikal. Retak geser terjadi pada balok yang menggunakan Perkuatan Pelat (P2) dengan 1 Lapis CFRP dua arah (*Bidirectional*). Pada gambar 4.7 terlihat bahwa balok betonnya lemah dalam gaya tarik dari pada gaya tekan. Di mana retak pertama yang terjadi saat dibebani 2,05 ton, kemudian retak ini perlahan berubah menjadi retak diagonal. Hingga beban ultimate pola retak yang terjadi adalah retak lentur yaitu pada saat pembebanan 8,15 ton.



Gambar 13
Pola Retak Lentur di Sekitar (1/4L-R)
pada Perkuatan Pelat (P2) dengan 1 Lapis
CFRP dua arah (Bidirectional)

c. Perkuatan Pelat (P3) dengan 1 Lapis CFRP tiga arah (*Pseudoisotropic*)

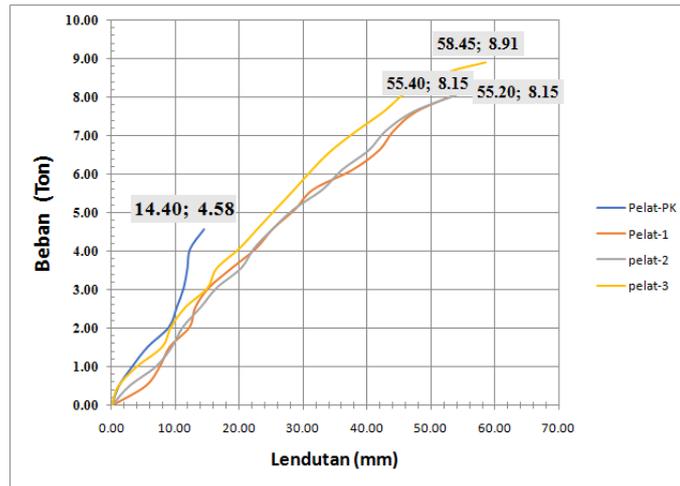
Retak geser yang memiliki pola vertical pada posisi 1/4L dan 3/4 R, seperti yang terlihat dalam Gambar 19 Retak geser terjadi setelah adanya retak lentur yang memiliki pola vertikal. Retak geser terjadi pada balok yang menggunakan perkuatan Pelat dengan 1 Lapis CFRP tiga arah (*Pseudoisotropic*). Pada gambar 4.7 terlihat bahwa balok betonnya lemah dalam gaya tarik dari pada gaya tekan. Di mana retak pertama yang terjadi saat dibebani 3,05 ton, kemudian retak ini perlahan berubah menjadi retak diagonal.. Hingga beban ultimate pola retak yang terjadi adalah retak lentur yaitu pada saat pembebanan 8,91 ton.



Gambar 14
Pola Retak Lentur di Sekitar (1/4L-R) pada Pelat
dengan 1 Lapis CFRP tiga arah (*Pseudoisotropic*)

7. Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil secara analitis dan experimen pelat beton bertulang ukuran 225 x 100 x 10 cm yang telah maka didapat grafik perbandingan hubungan beban – lendutan setiap sampel pelat dapat dilihat Gambar 20.



Gambar 15
Grafik Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan
Setiap Sampel Berdasarkan Pengujian

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa secara eksperimen pelat perkuatan dengan 1 Lapis CFRP tiga arah (*Pseudoisotropic*) mampu menahan beban paling besar (baik) sebesar 8,91 ton dengan lendutan 58,45 mm diikuti Perkuatan Pelat (P2) dengan 1 Lapis CFRP dua arah (*Bidirectional*) sebesar 8,15 ton dengan lendutan 55,20 mm serta Pelat dengan 1 Lapis CFRP satu arah (*Unidirectional*) sebesar 5,15 ton dan lendutan 55,40 mm sedangkan balok tanpa perkuatan sebesar 4,58 Ton dengan lendutan 14,40 mm. Jadi secara penelitian pelat perkuatan dengan 1 Lapis CFRP tiga arah (*Pseudoisotropic*) mampu menahan lendutan paling besar dibanding lainnya.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis teori dan eksperimen yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan eksperimen pada pelat kontrol (tanpa perkuatan) didapat beban ultimit sebesar 4,58 ton dan Pelat dengan 1 Lapis CFRP satu arah (*Unidirectional*) sebesar 8,15 Ton, Perkuatan Pelat (P2) dengan 1 Lapis CFRP dua arah (*Bidirectional*) sebesar 8,15 ton sedangkan pelat perkuatan dengan 1 Lapis CFRP tiga arah (*Pseudoisotropic*) sebesar 8,91 ton.
2. Berdasarkan hasil eksperimen peningkatan daya dukung Pelat dengan 1 Lapis CFRP satu arah (*Unidirectional*) memiliki efisiensi sebesar 72,22 %, Perkuatan Pelat (P2) dengan 1 Lapis CFRP dua arah (*Bidirectional*) memiliki efisiensi sebesar 77,78 % sedangkan pelat perkuatan dengan 1 Lapis CFRP tiga arah (*Pseudoisotropic*) memiliki efisiensi tertinggi sebesar 94,44 %.
3. Pola retak pada eksperimen tanpa perkuatan terjadi retak pada pembeban $P_K = 2,05$ ton, $P_1 = 2,05$, $P_2 = 3,05$ ton dan $P_3 = 4,05$ ton.
4. Berdasarkan analisis maupun hasil eksperimen terbukti bahwa penambahan perkuatan lapisan CRFP mampu meningkatkan kemampuan pelat beton dalam memikul lentur jauh lebih baik dari kondisi normalnya (tanpa perkuatan).

BIBLIOGRAFI

- Alami, F. 2010. “*Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang dengan Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)*”. Seminar dan pameran HAKI.
- American Concrete Institute, 2008, *Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures (ACI 440.2R-02)*: Reported by ACI Committee 440, ACI Committee 440
- Anonimous. 2007. *SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Surabaya: ITS Press.
- Asroni, A., 2010, *Balok dan Pelat Beton Bertulang*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Chang Kugkwan dan Daewon Seo.2012. *Behavior of One way Slab Reinforced with GFRP Bars*. ISSN 1346-7581.
- Dipohusodo, I. 1993. *Struktur Beton Bertulang*, Jakarta: Penerbit Gramedia.
- Imran, S., dkk., 2014, *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*, Bandung: Penerbit ITB
- Istimawan Dipohusodo. 1999. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Sivagamsundari R dan Kumaran.2011. *Experimental Study On The Behavior Of Concrete One Way Slab Reinforced With GFRP*. ISSN 0976-4399.
- Soenaryo, Taufik, Siswanto. *Perbaikan Kolom Beton Bertulang dengan Menggunakan Concrete Jacketing*. Rekayasa Sipil. Volume-3, No.2. ISSN 1978-5658
- Suharjo, Ray Richard. 2016. *Kekuatan Lentur Balok Dengan Perkuatan GFRP Akibat Rendaman Air Laut Selama 2 Tahun (Tugas Akhir)*. Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Gowa.
- Triwiyono, mA., 2004, *Perbaikan dan Perkuatan Struktur Beton*, Topik Spesial, Teknik Struktur, Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta.
- Triwiyono, A., 2006. *Perbaikan dan Perkuatan Struktur Beton Pasca Gempa dengan FRP*, Makalah Seminar Perkembangan Standard dan Methodologi Konstruksi Tahan Gempa Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia, Medan.
- Turnip, S Martua.2019. *Evaluasi Dan Perkuatan Struktur Pelat, Dan Dinding Geser Dengan Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)*. Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Tarigan, Johannes., Nursyamsi, dan Randi Meka.(2018). The usage of carbon fiber reinforcement polymer and glass fiber reinforcement polymer for retrofit technology building. *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*, 126 012024.
- Pakpahan, Andrew., Johannes Tarigan, dan Medis Surbakti. *Analysis and Experimental Usage of CFRP Wrap Type on Flexural Strength of Concrete Beam*. MATEC Web of Conferences 258, 03001 (2019) *SCESCM 2018*.

- Patra, Fadel Muhammad., Johannes Tarigan dan Torang Sitorus. Flexural strength using Steel Plate, Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) and Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) on Reinforced Concrete Beam in Building Technology. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 126 (2018) 012025.
- Simbolon, Albert., dan Johannes Tarigan. The Experience of Retrofit Design in Using CFRP of Building Case Study of the Ramp Structure of Palm Oil Mill in South Sumatera. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 420 (2018) 012001.
- Juandra Hartono, Dkk., *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik* Vol. 13, No.1, 1-11, Mei 2010, "Perkuatan Lentur Pelat Lantai Tampang Persegi Dengan Penambahan Tulangan Tarik Dan Komposit Mortar",
- Patricia Kembuan Steenie E. Wallah, Servie O., *Jurnal Sipil Statik* Vol.6 No.9 September 2018 (705-714) ISSN: 2337-6732, "Desain Praktis Pelat Konvensional Dua Arah Beton Bertulang".
- Indriyani Puluhulawa., *Inovtek*, Volume 5, Nomor 1, April 2015. "Kapasitas Lentur Perkuatan Pelat Beton Bertulang Menggunakan Kabel Baja Dan Mortar".
- Indriyani Puluhulawa, Alamsyah., *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT)*, Politeknik Negeri Bengkalis, "Perkuatan Pelat Lantai Beton Bertulang Menggunakan Baja Ringan Dan Sikadur Cf-31",
- I Nyoman Ardika, Dkk; *Jurnal Spektran* Vol. 7, No. 2, Juli 2019, Hal. 280 - 285 e-ISSN: 2302-2590), "Studi Eksperimen Pelat Beton Bertulang Pracetak Satu Arah Berpenampang "U" Sebagai Alternatif Struktur Lantai".
- Widya Desni Sitorus, Sutrisno., *Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan. Indonesia* Vol 2, No 2 Desember (2016). "Analisa Dimensi Dan Tulangan Pelat Lantai Pada Ruko R1- Gabung No. 18, 20, 26, 28, 30, 32 Dan 36 Bangunan Citraland Bagya City Medan",
- Heri Purnomo, Dian Sestining Ayu,. (2019), "Analisis Struktur Perkuatan Jembatan Beton Menggunakan Steel Plate Bonding Dan Fiber Reinforced Polymer (Frp) Untuk Mendukung Efisiensi Biaya Pekerjaan",
- Samuel Agustinus, Cindrawaty Lesmana., *Jurnal Teknik Sipil* Volume 15 Nomor 1, April 2019 : 1-85). "Perbandingan Analisis Perkuatan Struktur Pelat Dengan Metode Elemen Hingga".
- Endah Kanti Pangestuti, (2009) "Penggunaan CFRP sebagai bahan komposit eksenternal pada struktur balok beton bertulang",

Ireneus Petrico G,(2013) “Perbandingan kekuatan lentur balok beton bertulang dengan menggunakan perkuatan CFRP dan GFRP”

Copyright holder:

Liberti Silitonga, Johannes Tarigan, A. Perwira Mulia Tarigan, Andar Sitohang (2022)

First publication right:

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

