

Perkuatan Pelat Lantai Dengan FRP (Fibre Reinforced Polimer) (Studi Kasus: Gedung Sekolah Siantar)

Samuel SIAHAAN^{1*}, Johannes TARIGAN¹

¹Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, email: siahaansammy71@gmail.com

Sejarah artikel

Diserahkan: 05 Februari 2024
Dalam bentuk revisi: 30 April 2024

Diterima: 01 Mei 2024
Tersedia online: 31 Mei 2024

Abstract

Reinforcing a structure is necessary when it has suffered damage that results in the degradation of technical requirements, including strength, stiffness and ductility, and stability. This research calculates the repair of the slab structure in a school building, with FRP (Fibre Reinforced Polymer) as the main material. This research analyzes the slab moment using Conventional methods, Beam Theory, and also Chessboard Theory with SAP2000. The strengthening of this structure is planned to be 30% of the initial strength of the building's slab structure. The slab being reviewed is only in the classroom. From the calculation, the Conventional Theory calculation yields a Support Moment of 2134.8 Kgf/m and a Field Moment of 1372.37 Kgf/m. The Beam Theory calculation results in a Support Moment of 1174.5 Kgf/m and a Field Moment of 557.25 Kgf/m. The Chessboard Theory calculation yields a maximum Support Moment of 1148.93 Kgf/m and a Field Moment of 485.855 Kgf/m. The moment used in the FRP calculation is the conventional moment. Here are the moment calculations after adding FRP to the floor slab: CFRP 30.92%, equivalent to 6601194.61 Nmm with 5 sheets of FRP, AFRP 48.43%, equivalent to 10339463.78 Nmm with 8 sheets of FRP, FRP 31.27%, equivalent to 6676954.04 Nmm with 10 sheets of FRP.

Keywords: reinforcement, floor plates, fibre reinforced polymer, case studies

Abstrak

Perkuatan struktur diperlukan apabila struktur mengalami kerusakan yang berakibat tidak terpenuhinya lagi persyaratan teknis, seperti kekuatan, kekakuan dan daktilitas, kestabilan.. Penelitian ini menghitung perbaikan struktur pelat pada bangunan sekolah, yang mana perbaikan akan menggunakan FRP (Fibre Rainforced Polymer) sebagai bahan utama perbaikannya. Penelitian ini, menganalisis perkuatan pelat dengan cara menghitung momen pelat dengan menggunakan metode Konvensional, Teori Balok, dan juga dengan Teori Papan Catur dengan bantuan SAP2000. Perkuatan pada struktur ini direncanakan sebesar 30% dari kekuatan awal dari struktur pelat bangunan ini. Pelat yang ditinjau hanya pada pelat ruangan kelas. Dari hasil perhitungan diperoleh hasil perhitungan Teori Konvensional adalah Momen Tumpuan sebesar 2134,8 Kgf/m dan Momen Lapangan sebesar 1372,37 Kgf/m. hasil perhitungan Teori Balok adalah Momen Tumpuan sebesar 1174,5 Kgf/m dan Momen Lapangan sebesar 557,25 Kgf/m. Dan hasil perhitungan Papan Catur dengan Momen terbesarnya adalah Momen Tumpuan sebesar 1148,93 Kgf/m dan Momen Lapangan sebesar 485,86 Kgf/m. Momen yang dipakai dalam perhitungan FRP adalah momen konvensional. Berikut adalah perhitungan momen setelah penambahan FRP pada pelat lantai, CFRP 30,92 % atau sama dengan 6601194,61Nmm dengan banyak FRP 5 lembar, AFRP 48,43 % atau sama dengan 10339463.78Nmm dengan banyak FRP 8 lembar, FRP 31,27 % atau sama dengan 6676954.04Nmm dengan banyak FRP 10 lembar.

Kata kunci: perkuatan, pelat lantai, fibre reinforced polymer, studi kasus

1. Pendahuluan

Perkuatan struktur biasanya dilakukan sebagai upaya untuk mencegah struktur mengalami kerusakan/kehancuran. Perkuatan atau perbaikan struktur diperlukan apabila struktur mengalami kerusakan yang menyebabkan degradasi yang berakibat tidak terpenuhi lagi persyaratan-persyaratan yang bersifat teknik, yaitu kekuatan, kekakuan dan daktilitas, kestabilan, serta ketahanan terhadap kinerja tertentu (Christiawan, 2009). Struktur beton bertulang, meskipun efektif dari segi biaya, sering memerlukan penguatan akibat kerusakan, dengan opsi termasuk *Fibre Reinforced Polymer* (FRP) dan pelat baja. Studi terdahulu menemukan bahwa *Carbon Fibre Reinforced Polymer* (CFRP) secara signifikan meningkatkan kekuatan lentur dan kapasitas beban balok beton dibandingkan dengan Polimer Bertulang Serat Kaca (GFRP) dan pelat baja. Kinerja CFRP yang superior dalam hasil analisis dan eksperimen menjadikannya pilihan yang paling efektif untuk penguatan eksternal, meningkatkan kekuatan dan daya tahan pada struktur beton (Tarigan, dkk., 2019, 2018).

Pada studi kasus Sekolah Siantar ini, pelat pada bangunan sekolah ini mengalami kerusakan yang dapat disebabkan oleh karena umur bangunan ataupun dikarenakan pengurangan struktur akibat terjadi gempa ataupun dikarenakan umur bangunan. Pada penelitian ini, akan menghitung perbaikan struktur pelat pada bangunan Sekolah Siantar ini yang mana perbaikan akan menggunakan FRP (*Fibre Reinforced Polymer*) sebagai bahan utama untuk memperbaiki kerusakan pada struktur pelat Sekolah Siantar ini.

Fibre Reinforced Polymer merupakan material yang dibuat dengan tujuan memperkuat struktur bangunan dengan mengorbankan tempat yang seminimal mungkin sehingga ruangan tidak menjadi lebih sempit ataupun merusak nilai arsitektural dari bangunan tersebut. Kerusakan struktur ini dapat disebabkan oleh beban gempa ataupun mengurangnya daya dukung bangunan karena kesalahan perencanaan ataupun untuk memperkuat struktur bangunan tanpa menambahkan baja ataupun balok penyokong lagi sebagai penambah kekuatan, tetapi menggunakan *Fibre Reinforced Polymer*. Penambahan *Fibre Reinforced Polymer* ini umumnya digunakan pada bangunan untuk memperkuat daya tarik dan juga geser dari bangunan tersebut (Naser, dkk., 2019; Siddika, dkk., 2019; Yuhazri, dkk., 2020). Pada bangunan sekolah ini terjadi daya geser yang cukup besar sehingga bangunan tersebut mengalami goyang. Untuk memperbesar kekuatan daya geser dari bangunan tersebut, dilakukan perkuatan pada pelat dari bangunan sekolah ini.

Fibre Reinforced Polymer (FRP) menawarkan berbagai keunggulan dalam perbaikan konstruksi. FRP, seperti material komposit polimer dengan serat karbon dan pengikat polimer, memberikan peningkatan *load bearing*, pengurangan biaya penguatan, dan peningkatan ketahanan seismik pada struktur bangunan (Günaslan, dkk., 2014; Shmoilov, dkk., 2024). FRP memperbaiki kekuatan tarik beton, ketahanan terhadap retakan, dan perilaku di bawah suhu ekstrem, bertindak mencegah pelebaran retakan dan meningkatkan kinerja struktural (Li, 2023). FRP lebih cepat dan lebih mudah diterapkan dan daya tahan yang lebih baik dalam kondisi lingkungan yang menantang dibandingkan dengan metode tradisional, menjadikannya ideal untuk rehabilitasi struktural (Albuja-Sánchez, dkk., 2024). Selain itu, FRP berkontribusi pada keberlanjutan karena merupakan material ramah lingkungan dengan jejak karbon rendah, sejalan dengan kebutuhan untuk mengatasi darurat iklim dalam praktik konstruksi (Qureshi, 2022).

Perkuatan dengan *Fibre Reinforced Polymer* (FRP) ini dilaksanakan dengan cara menempelkannya pada permukaan beton dengan perekat epoxy. *Fibre Reinforced Polymer* (FRP) ini merupakan bahan yang ringan, kuat serta tahan korosi. *Fibre Reinforced Polymer* (FRP) ini cukup mudah diaplikasikan pada struktur beton bertulang dan terbukti lebih ekonomis digunakan sebagai bahan material untuk memperbaiki serta menguatkan struktur bangunan. Secara umum, bahan serat yang digunakan pada FRP ada 4 jenis serat yaitu carbon, aramid, glass dan basalt. Ada beberapa faktor kelebihan dan kekurangan dalam penggunaan FRP (Christiawan, 2009).

2. Metodologi

Pembebanan Struktur

Pada prinsipnya pembebanan yang akan direncanakan dalam perencanaan suatu gedung secara garis besar digolongkan dalam empat jenis pembebanan, yaitu:

- (a) Beban mati (*Dead Load*)
- (b) Beban hidup (*Live Load*)
- (c) Beban angin (*Wind Load*)
- (d) Beban gempa (*Seismic Load*)

Struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan tata cara berikut: (SNI 1727:2020)

$$1,4D \quad (1)$$

$$1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) \quad (2)$$

$$1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W) \quad (3)$$

$$1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) \quad (4)$$

$$0,9D + 1,0W \quad (5)$$

Menghitung Momen dengan Teori Konvensional

- Momen Lapangan

$$\text{Momen lapangan} = \frac{1}{14} \times q \times \left(\frac{Lx}{2}\right) \quad (6)$$

- Momen Tumpuan 1

$$\text{Momen tumpuan} = -\frac{1}{24} \times q \times \left(\frac{Lx}{2}\right) \quad (7)$$

- Momen Tumpuan 2

$$\text{Momen tumpuan} = -\frac{1}{9} \times q \times \left(\frac{Lx}{2}\right) \quad (8)$$

Menghitung Momen dengan SAP 2000 v23 Student Version dengan Metode Papan Catur

Dilakukan dengan cara menginput beban dengan beberapa section perletakan beban dengan langkah-langkah mendesain dan pemeriksaan Momen Pelat pada SAP 2000 sebagai berikut.

- Membuat Grid
- Input Mutu Material
- Gambar Denah Pelat
- Input Beban
- Input beban dengan teori papan catur yang mana beban diinput pada setiap section dan juga dirun di setiap section

Menghitung Momen dengan Teori Balok

- Momen 0 terletak pada $\frac{1}{4}$ bentang pelat, sehingga momen 0 terletak pada $= \frac{1}{4} \times L$
- Momen Negatif (lapangan)

$$M = 0,35x \left(\frac{q \times L^2}{8}\right) \quad (9)$$

- Momen Positif (tumpuan)

$$M = 0,65x \left(\frac{q \times L^2}{8}\right) \quad (10)$$

Mencari Momen terbesar Dari antara Ketiga Perhitungan Momen

Dari antara ketiga metode perhitungan momen yang dihitung, diambil momen terbesar dari perhitungan momen tersebut dan momen tersebut yang akan digunakan untuk melakukan perhitungan perkuatan pelat dengan FRP.

Menghitung Perkuatan Struktur dengan FRP

- Desain kuat tarik *ultimate* FRP (F_{fu}) harus direduksi akibat pengaruh lingkungan

$$F_{fu} = C_e \times F_{fu}^* \quad (11)$$

- Desain regangan putus FRP (ϵ_{fu}) juga harus direduksi :

$$\epsilon_{fu} = C_e \times \epsilon_{fu}^* \quad (12)$$

- Perhitungan regangan beton saat pemasangan FRP, dimana beban yang bekerja adalah beban mati struktur dan beban mati tambahan pada struktur tersebut.

$$\epsilon_{bi} = \frac{\sigma}{E_c} \quad (13)$$

$$\epsilon_{bi} = \frac{\frac{M_{(D+SDL)}}{W}}{4700\sqrt{f_c I}} \quad (14)$$

- Perhitungan regangan dimana *debonding* akan terjadi.

$$\epsilon_{fd} \leq 0,9 \epsilon_{fu} \quad (15)$$

- Perhitungan regangan efektif pada FRP.

$$\epsilon_{fe} \leq \epsilon_{fd} \quad (16)$$

$$\epsilon_{cu} \times \left(\frac{df-c}{c} \right) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd} \quad (17)$$

- Perhitungan tegangan efektif FRP

$$F_{fe} = E_f \times \epsilon_{fe} \quad (18)$$

- Jumlah FRP yang dibutuhkan:

$$\frac{A_{f \text{ perlu}}}{A_{f1 \text{ CFRP}}} \quad (19)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan Kombinasi Pembebanan

I. Beban

- Beban Mati (DL), terdiri atas beban sendiri pelat:
 $Dead \text{ Load (DL)} = (\text{tebal pelat} \times 0,24) + SIDL$
 $Dead \text{ Load (DL)} = (0,10 \times 24) + 2,24$
 $Dead \text{ Load (DL)} = 4,64 \text{ Kn/m}^2$
- Beban Hidup (LL)
Beban hidup diambil dari SNI 1727:2020, yang dimana diambil beban hidup ruang kelas dikarenakan pelat menampung beban ruang kelas.
 $Live \text{ Load (LL)} = 250 \text{ kg/m}^2 = 2,45 \text{ Kn/m}^2$

II. Mutu Material

Pada struktur bangunan Gedung Sekolah Siantar ini menggunakan mutu material:

- Mutu beton = $f_c' 20 \text{ Mpa}$
- Mutu baja tulangan (f_y) = 240

III. Perhitungan Tebal Pelat

Pelat lantai bangunan ini merupakan pelat lantai satu arah dengan satu ujung menerus, sehingga tebal pelat didapatkan dengan rumus:

$$h_{min} = \frac{l}{24}$$

$$h_{min} = \frac{4}{24} = 0,1666 \text{ m} \rightarrow \text{diambil } h \text{ lapangan} = 10 \text{ cm}$$

IV. Perhitungan Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang terjadi pada pelat menurut SNI 1727:2020 adalah :

$$1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

Sehingga, beban ultimit pada pelat lantai tersebut adalah

$$q = 1,2 (4,64 \text{ kN/m}) + 1,6 (2,45 \text{ kN/m}) = 9,488 \text{ kN/m}$$

Perhitungan Momen dengan Teori Pelat Konvensional

Momen dihitung dengan teori pelat konvensional:

I. Momen Lapangan

$$\text{Momen lapangan} = \frac{1}{14} * q * \left(\frac{Lx}{2}\right)$$

$$\text{Momen lapangan} = \frac{1}{14} * 9,488 \text{ kN/m} * \left(\frac{4,5}{2}\right)$$

$$\text{Momen lapangan} = 13,72 \text{ kNm}$$

II. Momen Tumpuan 1

$$\text{Momen tumpuan} = - \frac{1}{24} * q * \left(\frac{Lx}{2}\right)$$

$$\text{Momen tumpuan} = - \frac{1}{24} * 9,488 \text{ kN/m} * \left(\frac{4,5}{2}\right)$$

$$\text{Momen tumpuan} = - 8,01 \text{ kNm}$$

III. Momen Tumpuan 2

$$\text{Momen tumpuan} = - \frac{1}{9} * q * \left(\frac{Lx}{2}\right)$$

$$\text{Momen tumpuan} = - \frac{1}{10} * 9,488 \text{ kN/m} * \left(\frac{4,5}{2}\right)$$

$$\text{Momen tumpuan} = - 21,348 \text{ kNm}$$

Perhitungan dengan Teori Balok

- a. Momen 0 terletak pada $\frac{1}{4}$ bentang pelat,
sehingga momen 0 terletak pada $= \frac{1}{4} \times 4,5 = 1,125 \text{ m}$

- b. Momen Negatif (lapangan)

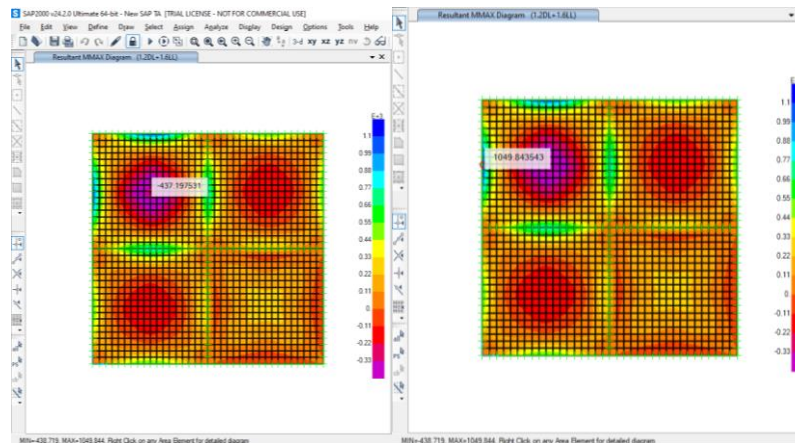
$$\begin{aligned} M &= 0,35 * \left(\frac{q * L^2}{8}\right) \\ &= 0,35 * \left(\frac{(4,56+2,45) * (4,5)^2}{8}\right) = 6,21 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- c. Momen Positif (tumpuan)

$$\begin{aligned} M &= 0,65 * \left(\frac{q * L^2}{8}\right) \\ &= 0,65 * \left(\frac{(4,56+2,45) * (4,5)^2}{8}\right) = 11,54 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Pengecekan Momen dengan SAP 2000

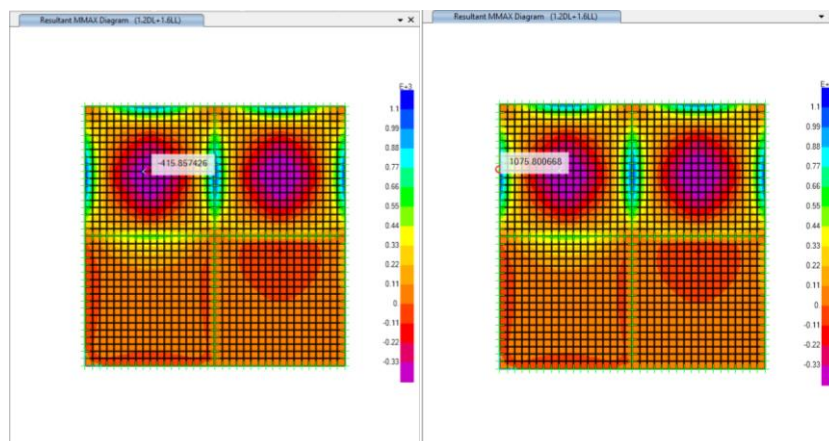
Section 1



Gambar 1. Momen Section 1

Pada aplikasi SAP 2000, diperoleh momen lapangan sebesar 4,29 kNm dan momen tumpuan sebesar 10,3 kNm.

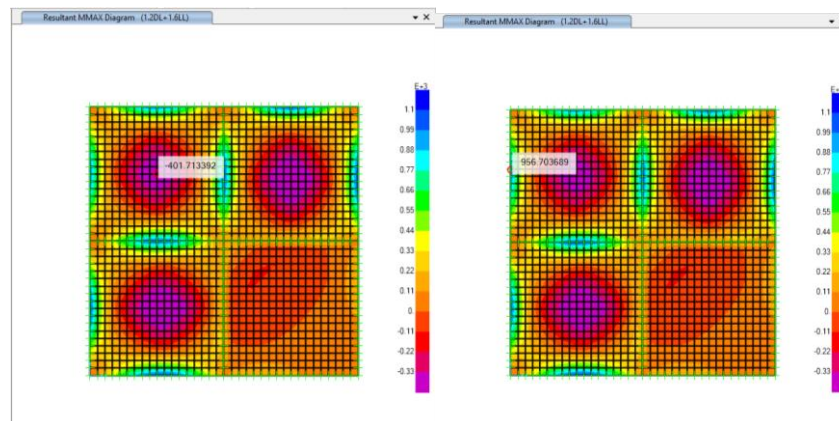
Section 2



Gambar 2. Momen Section 2

Pada aplikasi SAP 2000, diperoleh momen lapangan sebesar 4,078 kNm dan momen tumpuan sebesar 10,55 kNm.

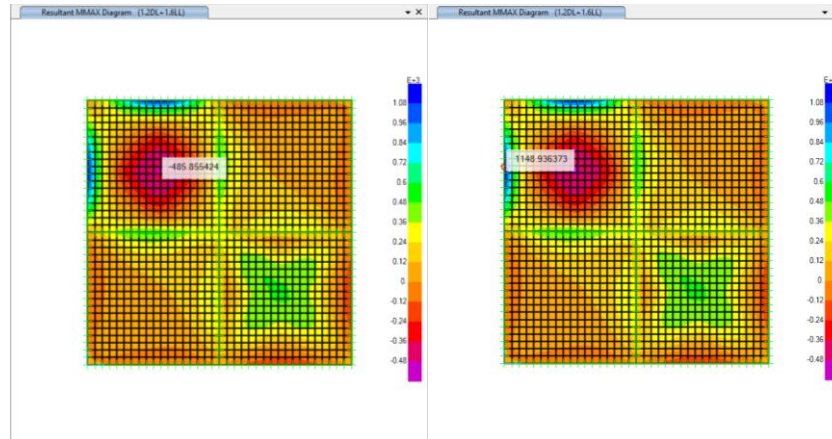
Section 3



Gambar 3. Momen Section 3

Pada aplikasi SAP 2000, diperoleh momen lapangan sebesar 3,94 kNm dan momen tumpuan sebesar 9,54 kNm.

Section 4



Gambar 4. Momen Section 4

Perhitungan Tulangan

Setelah momen didapat, tulangan pelat dapat dihitung dengan data-data sebagai berikut:

Tebal pelat	=	10 cm
Tebal selimut	=	3 cm
Asumsi tulangan	=	10 mm
Tinggi efektif	=	tebal pelat – tebal selimut – 0.5 d tulangan
	=	100 mm – 20 mm – 10mm
	=	70 mm
Mutu beton	=	20 Mpa
β	=	0,85
f_y tulangan	=	240 Mpa
ρ_b	=	$(0,85 * \beta * f_c') * (600 / (600 + f_y))$
	=	0,043
ρ_{max}	=	$0,75 * \rho_b$
ρ_{min}	=	0,0025

Tulangan Lapangan

M_u	=	13,72371429 Knm	=	13723714,29 Nmm
M_n	=	$\frac{M_u}{\phi} = \frac{13723714,29}{0,8}$	=	17154642,86 Nmm
R_n	=	$\frac{M_n}{b d^2} = \frac{17154642,86}{1000 * 70^2}$	=	3,500947522
m	=	$\frac{f_y}{0,85 * f_c'} = \frac{240}{0,85 * 20}$	=	14,11764706
ρ	=	$\frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m.R_n}{f_y}} \right)$	=	1,30e-08
A_s	=	$\rho b d = 1,30e-08 * 1000 * 70$	=	9,077e-04
A_{smin}	=	$0,002 * 1000 * 170$	=	340

Diperlukan tulangan D10

$$\text{Tulangan D 10} = \frac{340}{\text{luas tulangan}} = \frac{340}{0,25 * \pi * d^2} = 4 \text{ buah tulangan}$$

$$\text{Untuk 1 m jarak tulangan} = \frac{1000}{4} = 250$$

$$\text{Jadi, dipakai tulangan} = \text{D10-250}$$

Tulangan Tumpuan 1

$$\begin{aligned} Mu &= 8,0055 \text{ Knm} = 80055000 \text{ Nmm} \\ Mn &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{80055000}{0,8} = 100068750 \text{ Nmm} \\ Rn &= \frac{Mn}{bd^2} = \frac{100068750}{1000 * 70^2} = 20,42219388 \\ m &= \frac{fy}{0,85 * fc'} = \frac{240}{0,85 * 20} = 14,11764706 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m.Rn}{fy}} \right) = 7,56378e-09 \\ As &= \rho b d = 7,56378e-09 * 1000 * 70 = 0,000529464 \\ As_{min} &= 0,002 * 1000 * 170 = 340 \end{aligned}$$

Diperlukan tulangan D10

$$\text{Tulangan D 10} = \frac{340}{\text{luas tulangan}} = \frac{340}{0,25 * \pi * d^2} = 4 \text{ buah tulangan}$$

$$\text{Untuk 1 m jarak tulangan} = \frac{1000}{4} = 250$$

$$\text{Jadi, dipakai tulangan} = \text{D10-250}$$

Tulangan Tumpuan 2

$$\begin{aligned} Mu &= 21,348 \text{ Knm} = 213480000 \text{ Nmm} \\ Mn &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{213480000}{0,8} = 266850000 \text{ Nmm} \\ Rn &= \frac{Mn}{bd^2} = \frac{266850000}{1000 * 70^2} = 54,45918367 \\ m &= \frac{fy}{0,85 * fc'} = \frac{240}{0,85 * 20} = 14,11764706 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m.Rn}{fy}} \right) = 2,01701e-08 \\ As &= \rho b d = 2,01e-08 * 1000 * 70 = 0,001411905 \\ As_{min} &= 0,002 * 1000 * 170 = 340 \end{aligned}$$

Diperlukan tulangan D10

$$\text{Tulangan D 10} = \frac{340}{\text{luas tulangan}} = \frac{340}{0,25 * \pi * d^2} = 4 \text{ buah tulangan}$$

$$\text{Untuk 1 m jarak tulangan} = \frac{1000}{4} = 250$$

$$\text{Jadi, dipakai tulangan} = \text{D10-250}$$

Tulangan Pembagi

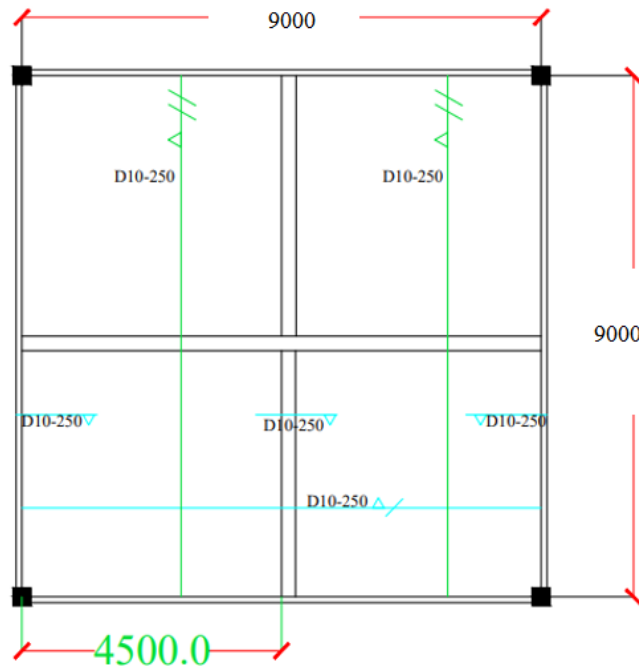
Dalam arah tegak lurus terhadap tulangan utama tulangan pembagi tetap menggunakan tulangan yang sama dengan tulangan utama. Diperlukan tulangan= D10-250

Sketsa Penulangan

Sketsa penulangan ditunjukkan pada Gambar 5.

Perhitungan Perkuatan Struktur

Pada penelitian ini, perkuatan struktur yang direncanakan adalah sebesar 30% dari momen ultimit yang terjadi pada struktur.



Gambar 5. Sketsa Penulangan

Perhitungan Momen Nominal

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 \\ a &= (A_s \cdot f_y) / (\beta_1 \cdot \text{selimut beton} \cdot b) \\ &= 6,381176471 \\ d &= \text{tebal pelat} - 2 (\text{selimut beton}) - (1/2 \text{ diameter tulangan}) \\ &= 70 \\ c &= \frac{a}{\beta_1} = 7,507266436 \\ \text{Momen Nominal} &= 0,9 \cdot A_s \cdot F_y \cdot (d - (0,5 \cdot a)) \\ &= 6491640,963 \text{ Nmm} = 6,491640963 \text{ Knm} \\ \text{Momen Nominal} &< \text{Momen Ultimit}\end{aligned}$$

Perkuatan FRP Carbon

Data Bahan Perkuatan CFRP

Tipe Bahan	= Carbon Fibre Reinforced Polymer (CFRP)
Lebar	= 100 mm
Tebal	= 1,2 mm
Luasan FRP	= 120 mm ²
Tensile Strength (F_{tu}^*)	= 2800 Mpa
Regangan Putus (ϵ_{fu}^*)	> 1,7%
Faktor Reduksi (C_e)	= 0,95
Modulus Elastisitas (E_f)	= 164,7058824 GPa

Perhitungan Desain Material:

CFRP yang diperlukan sebanyak 5 strip

Perkuatan FRP Aramid

Data Bahan Perkuatan AFRP:

Tipe Bahan	= Aramid Fibre Reinforced Polymer (AFRP)
Lebar	= 100 mm
Tebal	= 1 mm
Luasan FRP	= 120 mm ²
Tensile Strength (F_{tu}^*)	= 1720 Mpa

Regangan Putus (ϵ_{fu}^*)	> 4,4 %
Faktor Reduksi (C_e)	= 0,85
Modulus Elastisitas (E_f)	= 82,7 GPa

Perhitungan Desain Material:

AFRP yang diperlukan sebanyak 8 strip

Perhitungan FRP Glass

Data Bahan Perkuatan GFRP:

Tipe Bahan	= Glass Fibre Reinforced Polymer (GFRP)
Lebar	= 100 mm
Tebal	= 1 mm
Luasan Frp	= 120 mm ²
Tensile Strength (F_{fu}^*)	= 552 Mpa
Regangan Putus (ϵ_{fu}^*)	> 5 %
Faktor Reduksi (C_e)	= 0,75
Modulus Elastisitas (E_f)	= 41,4 GPa

Perhitungan Desain Material:

GFRP yang diperlukan sebanyak 10 strip

Perbandingan Setiap Perkuatan FRP

Dengan semua perbandingan diatas, penulis mengambil kesimpulan bahwa momen yang dipakai dalam perhitungan FRP adalah momen konvensional. Berikut adalah perhitungan momen setelah penambahan FRP pada pelat lantai:

Tabel 1. Pertambahan kapasitas momen

No	Jenis FRP	Momen Sebelum FRP (kNm)	Momen Setelah FRP (kNm)	pertambahan kapasitas momen (kNm)	persen pertambahan
1	CFRP	21,348	27,94	6,60	30,92
2	AFRP	21,348	31,68	10,33	48,43
3	GFRP	21,348	28,02	6,67	31,27

Berikut adalah perhitungan momen setelah penambahan FRP pada pelat lantai:

Tabel 2. Pertambahan kapasitas momen perlembar

Jenis FRP	Pertambahan Kapasitas Momen (kNm)	Pertambahan kapasitas momen perlembar (kNm)	Persen pertambahan
CFRP	6,60	1,32	6,18
AFRP	10,33	1,29	6,05
GFRP	6,67	0,66	3,12

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan pada Gedung Sekolah Siantar yang dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan.

- Momen ultimit lapangan yang terjadi pada pelat lantai Gedung Sekolah Siantar adalah 13,72 Knm
- Momen ultimit tumpuan yang terjadi pada pelat lantai Gedung Sekolah Siantar adalah 21,34 Knm

- Momen nominal lapangan yang didapat pada pelat lantai Gedung Sekolah Siantar adalah 17,15 Knm
- Momen nominal tumpuan yang didapat pada pelat lantai Gedung Sekolah Siantar adalah 26,685 Knm
- Tulangan lapangan yang didapat pada pelat lantai Gedung Sekolah Siantar adalah D10-250
- Tulangan tumpuan yang didapat pada pelat lantai Gedung Sekolah Siantar adalah D10-250
- Perbandingan kekuatan pada FRP jenis CFRP, AFRP, GFRP adalah sebagai berikut: jumlah lapisan FRP 5 lapisan (CFRP), 10 lapisan (GFRP), dan 8 lapisan (AFRP).
- Dari perhitungan, FRP dengan kekuatan terbaik adalah Carbon Fibre Reinforce Polymer (CFRP)

5. Referensi

- Albuja-Sánchez, J., Damián-Chalán, A., & Escobar, D. (2024). Experimental Studies and Application of Fiber-Reinforced Polymers (FRPs) in Civil Infrastructure Systems: A State-of-the-Art Review. *Polymers*, 16(2), 250.
- Christiawan, I. (2009). Perkuatan (Strengthening) Struktur Beton Dengan Fiber Reinforced Polymer (FRP). *METANA*, 6(01).
- Günaslan, S. E., Karaşın, A., & Öncü, M. E. (2014). Properties of FRP materials for strengthening. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 1(9), 656–660.
- Li, R. (2023). Use of fibre reinforced polymer (FRP) in new construction and in strengthening of existing structures. *Journal of Physics: Conference Series*, 2608(1), 12015.
- Naser, M. Z., Hawileh, R. A., & Abdalla, J. A. (2019). Fiber-reinforced polymer composites in strengthening reinforced concrete structures: A critical review. *Engineering Structures*, 198, 109542.
- Nasional, B. S. (2020). SNI 1727: 2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. *Badan Standarisasi Nasional*, 8, 1–336.
- Qureshi, J. (2022). *Fibre-reinforced polymer (FRP) in civil engineering*. IntechOpen.
- Shmoilov, E., Fedotov, M., Sharutin, I., Ilyukhin, R., Stepanov, S., Panina, N., Gurechuk, L., Kapyrin, P., Kabantsev, O., & Kornev, O. (2024). Polymer Composites for External Reinforcement of Building Structures. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 20(1), 21–34.
- Siddika, A., Al Mamun, M. A., Alyousef, R., & Amran, Y. H. M. (2019). Strengthening of reinforced concrete beams by using fiber-reinforced polymer composites: A review. *Journal of Building Engineering*, 25, 100798.
- Tarigan, J., Pakpahan, A., Surbakti, M., & Nursyamsi, N. (2019). Analysis and experimental usage of CFRP wrap type on flexural strength of concrete beam. *MATEC Web of Conferences*, 258, 3001.
- Tarigan, J., Patra, F. M., & Sitorus, T. (2018). Flexural strength using steel plate, carbon fiber reinforced polymer (CFRP) and glass fiber reinforced polymer (GFRP) on reinforced concrete beam in building technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 126(1), 12025.
- Yuhazri, M. Y., Zulfikar, A. J., & Ginting, A. (2020). Fiber reinforced polymer composite as a strengthening of concrete structures: A review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1003(1), 12135.

JURNAL REKAYASA KONSTRUKSI MEKANIKA SIPIL

Perkuatan Pelat Lantai dengan FRP (Fibre Reinforced Polimer) (Studi Kasus : Gedung Sekolah Siantar)

Samuel SIAHAAN & Johannes TARIGAN

Studi Kelayakan Pembuatan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal di Kecamatan X

Hasti SUPRIHATIN

Analisis Waktu dan Biaya Erection Girder dengan Metode Perancah dan Launcher pada Proyek Penggantian Jembatan Peningkloji Mojokerto

Ahmad Ibnul CHAKIM & INyoman Dita Pahang PUTRA

Faktor Komunikasi dan Kolaborasi dalam Integrated Project Delivery

Dayu Sekar MENTARI & Ahmad Saifudin MUTAQI

Systematic Literature Review: Peranan Metode BIM dalam Integrated Project Delivery (IPD) untuk Mencapai Triple Constraint

Sukmah FRIASTRI & Agus SETIAWAN



Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)

Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS) Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas berisi artikel-artikel ilmiah yang meliputi kajian di bidang teknik khususnya Teknik Sipil, seperti matematika teknik, mekanika teknik, analisis struktur, konstruksi baja, konstruksi beton, konstruksi kayu, konstruksi gelas, mekanika tanah, teknik pondasi, hidrologi, hidrolika, bangunan air, manajemen konstruksi, dinamika struktur, *earthquake engineering*, sistem dan rekayasa transportasi, ilmu ukur tanah, struktur bangunan sipil, rekayasa jalan raya, serta penelitian-penelitian lain yang terkait dengan bidang-bidang tersebut.

Terbit dalam 2 (dua) kali setahun

Penasihat :

Rektor Universitas Katolik Santo Thomas

Ketua Penyunting (Editor in Chief) :

Ir. Oloan Sitohang, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Manajer Penyunting (Managing Editor):

Reynaldo, S.T., M.Eng. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Anggota Penyunting (Editorial Board):

Dr.-Ing. Sofyan, S.T, M.T. (Universitas Malikussaleh)

Dr. Dwi Phalita Upahita (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi)

Samsuardi Batubara, S.T., M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Dr. Janner Simarmata (Universitas Negeri Medan)

Mitra Bestari (Peer Reviewer):

Dr.Eng. Ir. Aleksander Purba, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng. (Universitas Lampung, Indonesia)

Ir. Binsar Silitonga, M.T. (Akademi Teknik Deli Serdang, Indonesia)

Budi Hasiholan, S.T., M.T., Ph.D (Institut Teknologi Bandung, Indonesia)

Ir. Charles Sitindaon, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Dr. Erica Elice Uy (De La Salle University, Philippines)

Dr. Ernesto Silitonga, S.T, D.E.A. (Universitas Negeri Medan, Indonesia)

Prof. Dr-Ing. Johannes Tarigan (Universitas Sumatera Utara, Indonesia)

Dr. Linda Prasetyorini (Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia)

Ir. Martius Ginting, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Dr.Eng. Mia Wimala (Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia)

Dr.Eng. Minson Simatupang (Universitas Halu Oleo, Indonesia)

Dr. Mochamad Raditya Pradana (Keppel Marine and Deepwater Technology, Singapura)

Dr. Ir. Shirley Susanne Lumeno, S.T., M.T. (Universitas Negeri Manado, Indonesia)

Dr. Senot Sangadji (Universitas Sebelas Maret, Indonesia)

Ir. Simon Dertha, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Dr. Thi Nguyễn Cao (Tien Giang University, Viet Nam)

Ilustrator Sampul:

Yulianto, ST., M.Eng (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Penerbit & Alamat Redaksi:

Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas

Jl. Setiabudi No. 479-F Tanjung Sari, Medan 20132

Telp. (061) 8210161 Fax : (061) 8213269

email : sipil@ust.ac.id

Konten

TEKNIK STRUKTUR	hal.
Perkuatan Pelat Lantai dengan FRP (Fibre Reinforced Polimer)	1-11
(Studi Kasus : Gedung Sekolah Siantar)	
<i>Samuel SIAHAAN & Johannes TARIGAN</i>	
 TEKNIK SUMBER DAYA AIR	
Studi Kelayakan Pembuatan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	13-19
Komunal di Kecamatan X	
<i>Hasti SUPRIHATIN</i>	
 MANAJEMEN KONSTRUKSI	
Analisis Waktu dan Biaya Erection Girder dengan Metode Perancah dan Launcher pada Proyek Penggantian Jembatan Peningkloji Mojokerto	21-29
<i>Ahmad Ibnul CHAKIM & I Nyoman Dita Pahang PUTRA</i>	
 Faktor Komunikasi dan Kolaborasi dalam Integrated Project Delivery	31-37
<i>Dayu Sekar MENTARI & Ahmad Saifudin MUTAQI</i>	
 Systematic Literature Review: Peranan Metode BIM dalam Integrated Project Delivery (IPD) untuk Mencapai Triple Constraint	39-46
<i>Sukmah FRIASTRI & Agus SETIAWAN</i>	

Pengantar Redaksi

Puji dan syukur kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas penyertaannya hingga terbitnya Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS) Volume 7 Nomor 1 ini. Pada edisi ini, lima artikel diterbitkan setelah melewati proses *peer-review* dan penyuntingan artikel. Kelima artikel terdiri atas satu artikel dalam topik Teknik Struktur, satu artikel dalam topik Teknik Sumber Daya Air, dan tiga artikel dengan topik Manajemen Konstruksi.

Artikel pertama yang ditulis oleh Samuel Siahaan dan Johannes Tarigan membahas bagaimana perbaikan kerusakan pada struktur pelat dengan menggunakan FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) sebagai bahan utama. Artikel kedua yang ditulis oleh Hasti Suprihatin membahas kelayakan pembuatan IPAL di suatu Kecamatan untuk mendukung kebutuhan sanitasi di wilayah tersebut. Artikel ketiga yang ditulis oleh Ahmad Ibnul Chakim dan I Nyoman Dita Pahang Putra membandingkan kinerja waktu dan biaya dari dua metode ereksi (metode perancah dan metode *launcher*) pada proyek penggantian jembatan. Artikel keempat yang ditulis oleh Dayu Sekar Mentari dan Ahmad Saifudin Mutaqi merangkum sebuah hasil *systematic literature review* mengenai peran faktor komunikasi dan kolaborasi dalam metode pelaksanaan proyek yang berbasis konsep *Integrated Project Delivery*. Artikel kelima yang ditulis oleh Sukmah Friastri dan Agus Setiawan literatur merangkum hasil *systematic literature review* terkait manfaat kedalaman penggunaan BIM pada proyek IPD untuk mencapai kualitas mutu, biaya dan waktu.

Dewan redaksi menyampaikan apresiasi tinggi kepada para penulis yang berkontribusi dalam edisi ini. Editor juga berterima kasih kepada para mitra bestari atas dukungan dan kesediaannya menyambut permintaan kami untuk menelaah karya ilmiah yang masuk. Sebagai penutup, kami tidak lupa menyampaikan harapan kami agar JRKMS bisa semakin bermanfaat dalam diseminasi wawasan keteknipsipilan di Indonesia.

Salam hangat.

Medan, Mei 2024

Tim Editorial

JURNAL REKAYASA KONSTRUKSI MEKANIKA SIPIL
| Volume 7 | Nomor 1 | Mei 2024 |

Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas
<https://doi.org/10.54367>



9 772614 570002



GARUDA
GARUDA RUJUKAN DIGITAL



ISJDNeo



neliti



Indonesia
OneSearch
by PERPUSNAS



BASE