JURNAL KACAPURI
JURNAL KEILMUAN TEKNIK SIPIL
Volume 4 Nomor 1 Edisi Juni 2021

ANALISIS PERBANDINGAN BETON PRACETAK PRATEGANG DENGAN BETON KONVENSIONAL DITINJAU DARI ASPEK BIAYA DAN WAKTU (STUDI KASUS: RUMAH TINGGAL 2 LANTAI PERUMAHAN PERMATA RIVER VIEW)

Aan Andriawan dan Winna Tan
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Internasional Batam, Indonesia.
***Corresponding author*: aan@uib.ac.id/HP. +6282223338706**

ABSTRAK

Pengenalan berbagai macam metode dalam pembangunan infrastruktur, dimulai dari cara konvensional hingga cara pracetak beton sehingga pekerja hanya perlu memasang di lapangan. Pada karya ilmiah ini, peneliti akan membandingkan pelat lantai konvensional yang dikerjakan di lapangan dengan pelat lantai prategang pracetak yang akan didesain dengan bentuk double tee slab dari segi biaya dan waktu dengan tujuan untuk menentukan metode yang paling efisien yang bisa digunakan pada proyek yang ditinjau. Pada penelitian ini, peneliti akan membandingkan pelat lantai konvensional yang dikerjakan di lapangan dengan pelat lantai prategang pracetak yang akan didesain dengan bentuk *double tee slab* dari segi biaya dan waktu. Pelat lantai prategang pracetak *double tee slab* akan diperhitungkan dengan anggapan single tee beam atau yang biasa kita kenal dengan balok T. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Pengerjaan pelat lantai beton prategang pracetak membutuhkan pertambahan biaya sebanyak 28,21% dibandingan pelat lantai beton bertulang konvensional dan pengerjaan pelat lantai beton bertulang konvensional membutuhkan pertambahan waktu sebanyak 55,56% dibandingan pelat lantai beton prategang pracetak.
Kata kunci : pelat lantai, double tee slab, waktu, biaya, prategang

ABSTRACT

Infrastructure development is being ramped up right now in Batam, from road widening to the construction of multi-storey buildings. We can get to know a variety of methods in the construction of such infrastructure, ranging from conventional ways to precast concrete so that workers only need to install in the field. In this scientific work, researchers will compare conventional floor plates worked in the field with precast prestressed floor plates that will be designed with a double tee slab shape in terms of cost and time. Precast double tee slab floor plate will be taken into account by the assumption of single tee beam or commonly known as T beam. The final result is precast prestressed concrete floor plate work requires a cost increase of 28.21% compared to conventional reinforced concrete floor plates and conventional reinforced concrete floor plate work requires an additional time of 55.56% compared to precast prestressed concrete floor plates.
***Keywords**: slab, double tee slab, time, cost, prestressed*

PENDAHULUAN

Sesuai amanat Pasal 28 H Undang-Undang Dasar (UUD) Negara Republik Indonesia Tahun 1945, negara menjamin hak warga negara untuk hidup sejahtera lahir dan batin, bertempat tinggal dan mendapatkan lingkungan hidup yang baik dan sehat. Hal serupa juga selaras dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 14 tahun 2016 Pasal 1, poin pertama telah menjelaskan bahwa penyelenggaraan perumahan dan kawasan pemukiman adalah kegiatan perencanaan, pembangunan, pemanfaatan, dan pengendalian, termasuk di dalamnya pengembangan kelembagaan, pendanaan dan sistem pembiayaan, serta peran masyarakat yang terkoordinasi dan terpadu. Dari pernyataan di atas bahwa suatu perumahan dapat terbentuk atau terbangun itu memiliki proses yang amat panjang, mulai dari perencanaan hingga pengendalian selesai pembangunan. Maka dari itu, perencanaan yang efisien merupakan faktor yang penting dalam proses pembangunan perumahan dan kawasan pemukiman. Proses pembangunan perumahan dan kawasan pemukiman antara lain meliputi perencanaan desain arsitektur hingga struktur bangunan, sistem pembangunan yang ingin digunakan, waktu dan biaya pelaksanaan yang dikehendaki, serta berbagai hal lainnya.

Dengan latar belakang yang sudah dipaparkan sebelumnya, peneliti merumuskan beberapa masalah untuk dibahas yakni bagaimana desain pelat lantai pracetak prategang yang digunakan untuk menggantikan pelat lantai konvensional yang sudah ada? ; bagaimana pengaruh dari segi waktu yang digunakan dengan kedua metode yang berbeda? ; bagaimana pengaruh dari segi biaya yang digunakan dengan kedua metode yang berbeda?

Penelitian ini dilakukan oleh peneliti dengan beberapa tujuan, yaitu untuk membandingkan struktur beton pracetak prategang dan beton konvensional dari segi biaya dan waktu serta untuk menentukan metode yang paling efisien yang bisa digunakan pada proyek yang ditinjau sebagai objek penelitian.

KAJIAN PUSTAKA

Penelitian pada struktur pracetak sudah pernah dilakukan oleh Adi (2015), dengan topik Perilaku dan Kekuatan Sambungan Kolom pada Sistem Beton Pracetak. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa kolom monolit pracetak tanpa sambungan memiliki kekakuan yang lebih kecil dibanding kolom monolit pracetak dengan sambungan.

Penelitian beton pracetak juga pernah diteliti oleh Bigwanto (2020). Penelitian ini meneliti tentang Analisis perbandingan metode pracetak dan konvensional terhadap waktu pada pengerjaan proyek rusun X di DKI Jakarta. Dari penelitian tersebut, peneliti mendapatkan hasil bahwa metode pracetak memiliki tingkat kegagalan lebih rendah dibandingkan metode konvensional.

Ali Mohammed (2019) melakukan penelitian untuk gaya prategang pada *double tee* dengan topik *Design Aids for Prestressed Concrete Double Tee Beam with Web Opening Associated with the Variation of Its Compressive Strength* yang termuat dalam *International Journal of Recent Technology and Engineering*. Hasil penelitian menyatakan bahwa pembukaan web tidak memberi efek yang besar kepada respon *double tee* tersebut, sedangkan peningkatan kekuatan

kompresi (kuat tekan) beton memberi dampak yang amat positif terhadap perilaku *prestressed double tee* tersebut.

Mohammed (2018) juga melakukan penelitian dengan topik *Numerical Evaluation of The Using Precast Concrete Double-Tee Floor System Under Special Circumstance* yang termuat dalam *International Journal of Recent Technology and Engineering*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode analisis numerik yang menyajikan kesimpulan dalam membuktikan kemampuan balok *double-tee* beton pracetak dalam berbagai keadaan dan kemampuannya untuk menyalip semua kesalahan dalam desain.

DASAR TEORI

Struktur Beton

Pada zaman sekarang ini, beton merupakan bahan yang paling banyak digunakan pada pembangunan dalam bidang teknik sipil, baik pada bangunan gedung bertingkat, jembatan, bendung, maupun konstruksi yang lain. Pada umumnya, susunan beton terdiri dari air, semen, agregat kasar (batu pecah atau kerikil), serta agregat halus (pasir). Bahan baku beton terdiri dari campuran antara semen dan air yang membentuk pasta semen dan berfungsi sebagai bahan ikat. Kemudian ada pasir dan kerikil merupakan bahan agregat yang berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*). Ikatan antara pasta semen dengan campuran agregat ini menjadi satu kesatuan yang kompak, dan akhirnya seiring berjalannya waktu akan menjadi keras serta padat yang disebut beton.

Struktur Beton Prategang

Beton prategang diciptakan berawal dari timbulnya retakan pada beton bertulang biasa yang disebabkan oleh ketidakcocokan (*non compatibility*) pada baja dan beton karena regangan yang terjadi. (Raju, N. Khrisna, 1986). Pada umumnya, beton prategang terjadi karena diberikan gaya tarik pada baja tulangannya sehingga tegangan serta distribusi internal ditingkatkan hingga tingkat tertentu. Oleh karena itu, tegangan yang terjadi akibat beban luar akan dilawan sampai tingkat yang diinginkan.

Beton hanya kuat akan gaya tekan maka diperlukan dukungan dari material lain. Baja merupakan bahan material yang kuat akan gaya tekan dan tarik. Perpaduan antara beton dan baja ini membuat beton prategang menjadi kuat akan gaya tekan ataupun tarik. Dibanding dengan beton bertulang pada biasanya, beton prategang memiliki daya tahan terhadap tegangan lentur yang lebih baik. Tegangan lentur juga dapat menimbulkan keretakan pada struktur bangunan sama seperti gaya tarik.

Metode Beton Konvensional dan Metode Beton Pracetak

Pada metode beton konvensional, atau biasanya dikenal dengan *on site construction*. Dengan kata lain, metode beton konvensional artinya melakukan pengecoran/pengerjaan langsung di lapangan. Sedangkan metode beton pracetak atau yang biasanya dikenal dengan beton pabrikasi terdapat perbedaan pada tempat dan waktu pengecorannya sehingga metode kerja yang digunakan menjadi berbeda. Beton pracetak atau beton pabrikasi biasanya membutuhkan *workshop* atau pabrik produksi beton pracetak, sehingga beton diproduksi terlebih dahulu di pabrik kemudian dibawa ke lapangan dan melaksanakan proses pemasangan di lapangan.

Perumusan Beton Prategang

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan unsur prategang dimulai dari data-data penampang, yaitu. [4]

$A_c = b_E \times t_p + b_w \times (h-t_p)$ (1)

$y_t = [b_E \times 1/2t_p^2 + b_w \times 1/2(h-t_p)^2]/A_c$ (2)

$y_b = h - y_t$ (3)

$I_c = [1/2b_w(h-t_p)^3 + b_w(h-t_p) \times (h-1/2(h-t_p)-y_t)^2] + [1/2b_E t_p^3 + b_E t_p \times (y_t-1/2t_p)^2]$ (4)

dimana :

A_c = Luas penampang *single tee slab* (mm^2)
b_E = Lebar efektif *slab* (mm)
t_p = Tebal *slab* (mm)
b_w = Lebar web *slab* (mm)
h = Tinggi *slab* (mm)
y_t = Jarak dari titik pusat *tee* ke atas (mm)
y_b = Jarak dari titik pusat *tee* ke bawah (mm)
I_c = Inersia penampang (mm^4)

Pada balok T murni diperoleh :

$A_{ps} = A_{psf} + A_{psw}$ sehingga $M_n = M_{nf} + M_{nw}$ (5)

$M_{nf} = A_{psf}\ f_{ps} \left(d_p - \frac{t_p}{2}\right) \rightarrow$ untuk bagian flens (6)

$M_{nw} = A_{psw}\ f_{ps} \left(d_p - 0{,}59\ \frac{A_{ps} f_{ps}}{f_c' b_w}\right) \rightarrow$ untuk bagian web (7)

dimana :

A_{ps} = Luas penampang tegangan tarik (mm^2)
A_{psf} = Luas penampang tegangan tarik pada bagian flens (mm^2)
A_{psw} = Luas penampang tegangan tarik pada bagian web (mm^2)
M_n = Momen nominal (N)
M_{nf} = Momen nominal pada flens (N)
M_{nw} = Momen nominal pada web (N)
f_{ps} = Tegangan tarik pada tulangan prategang (Mpa)
d_p = Jarak tendon dari tepi atas (mm)
fc’ = Mutu beton (Mpa)

Persamaan kesetimbangan gaya tekan untuk flens adalah :

$A_{psf}\ f_{ps} = 0{,}85 f_c' t_p (b_E - b_w)$ (8)

Nilai estimasi untuk kondisi tulangan tekan dan tarik non-prategang adalah :

$f_{ps} = f_{pu} \left(1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1}\left[\left(\rho_p \frac{f_{pu}}{f_c'}\right) + \frac{d}{d_p}(\omega - \omega')\right]\right)$ (9)

dimana :

f_{pu} = Kuat tarik tendon yang diisyaratkan
γ_p = Faktor pertimbangan terhadap tipe tendon

Kontrol dilakukan dengan anggapan bahwa *tee* dalam keadaan prategang penuh dengan rumus rasio tulangan prategang dan batasan pada komponen struktur lentur sebagai berikut.

$$\rho_p = \frac{A_{ps}}{b_w d_p} \quad (10)$$

$$\omega_p = \rho_p \frac{f_{ps}}{f_c'} \quad (11)$$

$0{,}17 \leq \omega_p \leq 0{,}36\ \beta_1$ (12)

dimana :

ρ_p = Rasio tulangan prategang
ω_p = Batas kekuatan lentur
β_1 = Indeks tulangan

Syarat tegangan yang diizinkan dibedakan menjadi 2, yaitu :

Tekan $\leq 0{,}45\ f_c'$ (13)

Tarik $\leq 0{,}5\sqrt{f_c'}$ (14)

Gaya prategang pada kondisi *service* (layan) adalah :

$P \leq 0{,}6 f_{pu} A_{ps}$ (15)

dimana :

P = Gaya prategang pada kondisi *service* (layan) (N)

Perhitungan tegangan dilakukan pada saat kondisi kosong hanya menanggung beban *slab* itu sendiri dan kondisi penuh yang menanggung beban *slab* itu sendiri dan beban mati serta beban hidup dengan rumus umum berikut.

$$f = \frac{-P}{A_c} \pm \frac{My}{I_c} \quad (16)$$

dimana :

f = tegangan (Mpa)

Syarat lendutan yang digunakan untuk pelat lantai adalah :

$$\delta \leq \frac{L}{480} \quad (17)$$

dimana :

δ = Lendutan (mm)
L = Panjang pelat lantai (mm)

Rumus lendutan yang digunakan untuk beban prategang beban merata pada *simple beam* adalah :

$$\delta_{ps} = \frac{5}{48}\frac{PeL^2}{E_c I_c} \quad (18)$$

$$\delta_{DL} = \delta_{LL} = \frac{5}{384}\frac{qL^4}{E_c I_c} \quad (19)$$

dimana :

δ_{ps} = Lendutan akibat gaya prategang (mm)
δ_{DL} = Lendutan akibat beban mati (mm)
δ_{LL} = Lendutan akibat beban hidup (mm)
E_c = Modulus elastisitas beton (Mpa)
q = beban

Kontrol gaya geser dengan Vu < ØVn dengan faktor reduksi geser Ø = 0,75. Persamaan gaya geser nominal penampang adalah :

$V_n = V_c + V_s$ (20)

$V_{cw} = 0{,}3\left(\sqrt{f_c'} + f_{pc}\right) b_w d + V_p$ (21)

$$V_{ci} = \frac{\sqrt{f_c'}}{20} b_w d + V_d + \frac{V_i M_{cr}}{M_{max}} \quad (22)$$

$$f_{pc} = \frac{P}{A_c} \quad (23)$$

$$V_p = P\frac{dy}{dx} = P\frac{2e}{\frac{1}{2}L} \quad (24)$$

$$f_d = \frac{M_d y_b}{I_c} \quad (25)$$

$$M_{cr} = \frac{I_c}{y_t}\left(0{,}5\sqrt{f_c'} + f_{pe} + f_d\right) \quad (26)$$

dimana :

V_n = Gaya geser nominal (N)
V_c = Gaya geser nominal yang disumbang oleh beton yang merupakan nilai terkecil dari Vci dan Vcw (N)
V_s = Gaya geser akibat tulangan geser (N)
V_{cw} = Kuat geser nominal akibat tegangan tarik utama pada bagian web (badan penampang) yang disumbangkan oleh beton pada saat terjadinya keretakan diagonal (N)
V_{ci} = Kuat geser nominal akibat kombinasi momen dan geser yang disumbangkan oleh beton pada saat terjadinya keretakan diagonal (N)
f_{pc} = Tegangan tekan beton akibat gaya prategang efektif saja (Mpa)
V_p = Komponen vertikal gaya prategang efektif pada penampang (N)
V_d = Gaya geser akibat beban mati tak terfaktor (N)
fd = Tegangan akibat beban mati tak terfaktor pada serat terluar penampang dimana tegangan tarik disebabkan oleh beban luar (Mpa)
M_{cr} = Momen yang mengakibatkan retak lentur pada penampang akibat beban luar (Nmm)
f_{pe} = Tegangan yang mengakibatkan retak lentur pada penampang akibat beban luar (Mpa)

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan kedua metode yang sering digunakan pada zaman sekarang, yaitu metode pracetak dan konvensional dari segi daya tahan dan keefisiensinya. Proyek yang digunakan sebagai objek penelitian adalah Proyek Pembangunan Rumah Tinggal 2 Lantai Perumahan Permata Riverview di Tanjung Uma. Lokasi penelitian terdapat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
(Sumber: *Google Maps*)

Data Penelitian

a. Data Teknis

Data umum perencanaan secara keseluruhan mencakup data bangunan, dan data bahan material pokok struktur yang dijadikan objek penelitian.

Nama Proyek : Pembangunan Rumah Tinggal 2 Lantai Perumahan Permata Riverview
Fungsi : Rumah Tinggal
Data Bahan : Beton konvensional (ukuran menyesuaikan)
Karakteristik beton = K-300
Besi Beton (ukuran menyesuaikan)
Jenis Struktur : Pelat beton konvensional

b. Konsep Desain Bangunan

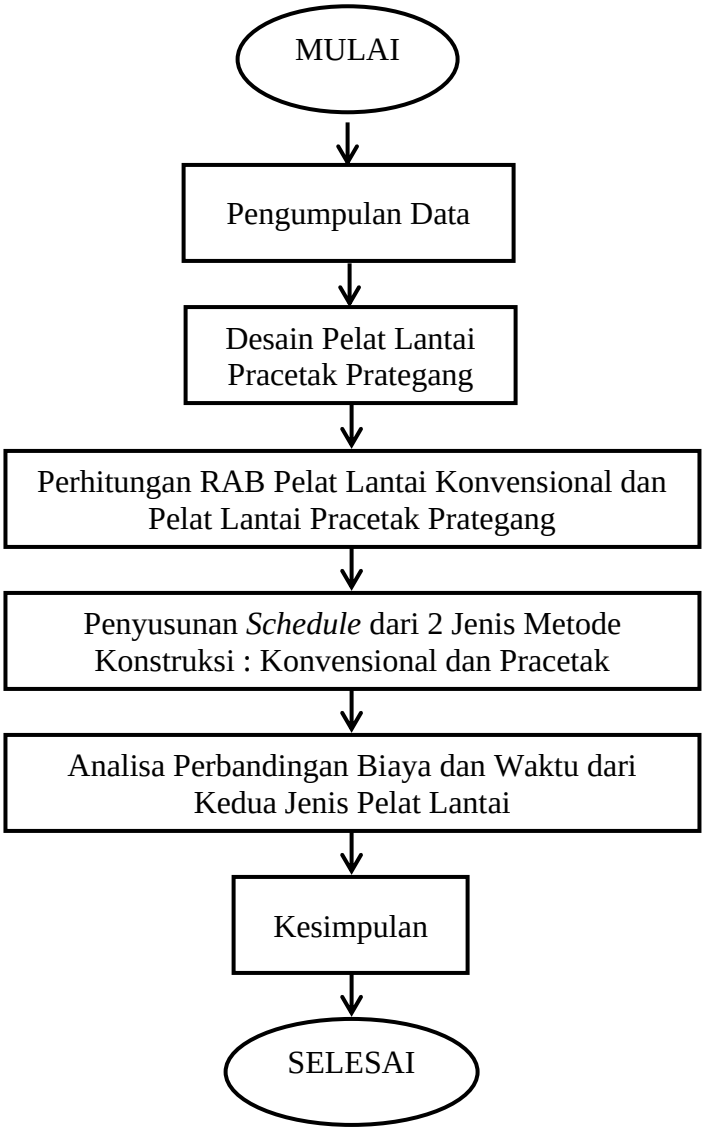
Konsep bangunan yang telah didesain akan digunakan sebagai gambaran umum dan dasar pemahaman dalam penafsiran model struktur yang akan direncanakan.

c. Gambar Struktur

Gambar struktur merupakan data utama yang diperlukan untuk menghitungkan biaya material dan biaya upah kerja. Semua perhitungan penulangan harus sesuai dengan gambar-gambar struktur yang diperoleh.

Tahapan Penelitian

Setelah data penelitian yang diperlukan untuk perencanaan struktur dilengkapi, maka proses pengolahan data tersebut dimulai dengan perhitungan kebutuhan dasar struktur plat dari kedua metode, kemudian dianalisa melalui perhitungan RAB pada struktur pelat untuk perbandingan segi biaya dan membuat jadwal (*schedule*) untuk segi waktu dan dibandingkan dengan beton prategang bila struktur digantikan dengan beton pracetak prategang dari segi keefisiensi biaya dan waktunya. Bagan alir yang menunjukkan tahapan penelitian untuk karya ilmiah ini terdapat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

RAB (Rencana Anggaran Biaya) Struktur Pelat Lantai Konvensional

Perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya) dari sistem pengerjaan konvensional pelat beton bertulang diperoleh dari biaya material serta upah kerja. Kebutuhan material dari pelat lantai berdimensi 4250 x 2750 x 120 mm dapat dihitung yang terdapat dala, Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan RAB Pelat Beton Bertulang Sistem Konvensional

No	Item Pekerjaan	Luasan Item Kerja	Harga per Unit	Satuan Item Kerja	Jumlah
1	Bekisting	20,76 m^2	Rp 160.000/pcs	7 pcs	Rp 1.120.000
	Paku kayu	1 box	Rp 90.000/box	1 box	Rp 90.000
2	BRC E6 2 lapis	25,7125 m^2	Rp 480.000/pcs	2 pcs	Rp 960.000
3	Beton K300	1,4025 m^3	Rp 960.000/m^3	1,5 m^3	Rp 1.440.000
4	Upah kerja harian	1 orang	Rp 140.000/hari	3 hari	Rp 420.000
Total					Rp 4.030.000

Sumber:Hasil Analisis

Perencanaan Jadwal Struktur Pelat Lantai Konvensional

Proses pengerjaan pelat lantai beton bertulang dengan sistem konvensional di 18 unit Rumah Tinggal 2 Lantai Perumahan Riverview Type Topaz dapat disusun sebagai berikut dalam Tabel 2.

Tabel 2. Perencanaan Jadwal Pelaksanaan Pelat Beton Bertulang Sistem Konvensional

Item Pekerjaan	Minggu ke-													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pemasangan bekisting														
Pemasangan *wiremesh* (BRC)														
Pengecoran														
Pengerasan beton														

Sumber:Hasil Analisis

Perhitungan RAB Struktur Pelat Lantai Prategang

Perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya) dari sistem pengerjaan pracetak pelat beton prategang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan RAB Pelat Beton Prategang Sistem Pracetak

No	Item Pekerjaan	Luasan Item Kerja	Harga per Unit	Satuan Item Kerja	Jumlah
1	Bekisting	24,75 m^2	Rp 160.000/pcs	10 pcs	Rp 1.600.000
	Paku kayu	1 box	Rp 90.000/box	1 box	Rp 90.000
2	Tendon prategang	4 angkur	Rp 9.000/kg	59, 66 kg	Rp 536.933
3	Besi BJTD50	10D16	Rp 7.400/kg	43,42 kg	Rp 321.321
		12D20	Rp 7.400/kg	81,42 kg	Rp 602.477
3	Beton K300	1,5345 m^3	Rp 960.000/m^3	1,6 m^3	Rp 1.536.000
4	Upah kerja harian	1 orang	Rp 160.000/hari	3 hari	Rp 480.000
Total					Rp 5.166.731

Sumber:Hasil Analisis

Analisa Perbandingan Struktur Pelat Lantai Prategang dengan Pelat Lantai Konvensional

Perbandingan biaya kedua jenis dan metode pengerjaan pelat beton pada Proyek Rumah Tinggal 2 Lantai Perumahan Riverview Type Topaz dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Biaya Kedua Metode

Jenis dan Metode yang Digunakan	Total Biaya
Pelat Lantai Beton Bertulang Konvensional	IDR 4.030.000,00
Pelat Lantai Beton Prategang Pracetak	IDR 5.166.731,00

Sumber: Hasil Analisis

Perbandingan waktu kedua jenis dan metode pengerjaan pelat beton pada Proyek Rumah Tinggal 2 Lantai Perumahan Riverview Type Topaz dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Waktu Kedua Metode

Jenis dan Metode yang Digunakan	Hari yang Diperlukan
Pelat Lantai Beton Bertulang Konvensional	± 98 hari
Pelat Lantai Beton Prategang Pracetak	± 63 hari

Sumber:Hasil Analisis

PENUTUP

Kesimpulan

Hasil desain pelat beton prategang pracetak *double tee slab* peneliti memiliki dimensi b_w = 200 mm dan h = 450 mm dengan tebal plat masih sama dengan sebelumnya. *Double tee slab* ini menggunakan tulangan longitudinal sebanyak 10D16 dan 12D20 dengan 4 angkur 7 *strands* pada masing-masing web *precast-prestressed double tee slab*. Dari segi biaya, pengerjaan pelat beton bertulang konvensional membutuhkan IDR 4.030.000,- sedangkan pengerjaan pelat beton prategang pracetak membutuhkan IDR 5.166.731,- sehingga pengerjaan pelat lantai beton prategang pracetak membutuhkan pertambahan biaya sebanyak 28,21% dibandingan pelat lantai beton bertulang konvensional yang menunjukkan pelat lantai beton bertulang dengan metode konvensional lebih efisien digunakan dalam proyek ini. Dari segi waktu, pengerjaan pelat beton bertulang konvensional membutuhkan waktu ± 98 hari, sedangkan pelat beton prategang pracetak membutuhkan ± 63 hari, sehingga pengerjaan pelat lantai beton bertulang konvensional membutuhkan pertambahan waktu sebanyak 55,56% dibanding pelat lantai beton prategang pracetak yang menunjukkan pelat lantai beton prategang pracetak lebih efisien digunakan dalam proyek ini

Saran

Walaupun pengerjaan pelat beton prategang pracetak membutuhkan waktu yang lebih singkat tetapi ia membutuhkan biaya yang lebih besar dibanding pelat beton bertulang konvensional. Dari penelitian-penelitian sebelumnya, pelat beton prategang pracetak cenderung membutuhkan biaya yang lebih kecil dibanding pelat beton bertulang konvensional. Maka, peneliti sarankan bahwa pengerjaan pelat beton prategang pracetak akan lebih efisien digunakan pada pembangunan gedung yang lebih besar atau jembatan dibanding perumahan seperti objek penelitian. Pada penelitian selanjutnya, dapat digunakan jenis pelat beton pracetak bentuk lain seperti *hollow core slab*

DAFTAR PUSTAKA

1. Adi, R. Y. (2015). Perilaku dan Kekuatan Sambungan Kolom pada Sistem Beton Pracetak. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, *20*(1), 1–8. https://doi.org/10.14710/mkts.v20i1.9241
2. Ali Mohammed, H. (2019). Design aids for prestressed concrete double tee beam with web opening associated with the variation of its compressive strength. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, *8*(3), 8509–8520. https://doi.org/10.35940/ijrte.E1981.098319
3. Asroni, H. A. (2010). Balok dan Pelat Beton Bertulang. In *Graha Ilmu* (Vol. 1). https://doi.org/10.20759/elsjregional.9.0_55
4. Bigwanto, A. (2020). *ANALISIS PERBANDINGAN METODE PRACETAK DAN KONVENSIONAL TERHADAP WAKTU PENGERJAAN PROYEK (PADA PROYEK RUSUN X DI DKI JAKARTA)* (UPH Karawaci). Retrieved from http://repository.uph.edu/id/eprint/6687
5. Kuch, H., Schwabe, J.-H., & Palzer, U. (2010). *Manufacturing of Concrete Products and Precast Elements*.
6. Mack, P., Force, G., Magnesio, C., & Bryan, K. (2003). The practice of warping double tees. *PCI Journal*, *48*(1), 32–48. https://doi.org/10.15554/pcij.01012003.32.48
7. Mohammed, H. A. (2018). *NUMERICAL EVALUATION OF THE USING PRECAST CONCRETE DOUBLE-TEE FLOOR*. (November).
8. Novia Dwi Aristi, Nurhayati, M. S. (2020). *Implementasi program program pemberdayaan masyarakat dalam peningkatan infrastruktur lingkungan pemukiman wilayah kelurahan (pm-pik) di daerah hinterland kota batam*. *4*(1), 110–121.
9. Risdiyanti, A., & Siswoyo. (2018). Analisa Perbandingan Biaya dan Waktu antara Medote Konvensional dan Pracetak (Studi Kasus : Underpass Bundaran Satelit Mayjend Sungkono Surabaya). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, *6*(2), 69–78.