

**PERBANDINGAN SISTEM STRUKTUR DAN BIAYA PELAT LANTAI
METODE PRECAST HALF SLAB DAN METODE KONVENSIONAL
Mochamad Romi¹⁾, Iskandar Romey Sitompul²⁾, Rian Tri Komara Iriana²⁾**

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : mochamadromi15@gmail.com

Abstract

The increase in construction of building need a more efficient of slab construction method. The conventional formwork is considered uneconomical because expensive cost of materials and labor, longer construction time, and producing significant amount waste of wooden formwork. Currently, green construction have been implemented in building projects such as half slab. Half slab method is divided into concrete precast and in-situ concrete works. This research aims to analyze the comparison of precast half slab and conventional method about structural system and cost of construction. A computer program called Safe12 used to define precast half slab and conventional slab model. Safe12 output analysis used to calculate bending moment and shear strength. The cost estimated is according to works volume and the unit price analysis. Based on the analysis results, it observed that bending moment strength for precast half slab 28.532 KNm and conventional slab 25.181 KNm, and both method have equally shear strength 84.246 KN. The cost of construction for precast half slab Rp. 5,712,441,933.442 and conventional slab Rp. 7,241,288,801.897. The indicates that structural system for both method have similar strength in construction, and cost of construction for precast half slab is more efficient 21,113% than conventional slab cost.

Keywords: precast half slab, conventional slab, construction, Safe12

A. PENDAHULUAN

Peningkatan pembangunan gedung tinggi membutuhkan metode konstruksi pelat lantai yang sangat efisien. Pekerjaan pelat lantai konvensional dianggap tidak ekonomis karena mahal nya harga material dan pekerja, lamanya waktu konstruksi, dan banyaknya jumlah kayu terbuang. Kemajuan teknologi terus berkembang sehingga menghasilkan suatu konsep yang menguntungkan bagi manusia maupun lingkungan. Saat ini konstruksi ramah lingkungan atau *green construction* memang menjadi terobosan penting dan telah banyak pengaplikasiannya.

Terobosan *green construction* dalam sistem pelaksanaan konstruksi yaitu memperkenalkan material yang mengurangi ketergantungan dunia

konstruksi pada pemakaian material kayu sebagai perancah. Salah satunya pengurangan pemakaian bekisting dari material kayu pada pelaksanaan konstruksi pelat lantai gedung dengan penggunaan beton *precast half slab*.

Metode *precast half slab* merupakan penggabungan metode beton pracetak dengan metode konvensional di mana bagian bawah dari pelat menggunakan beton pracetak dan ditutup dengan menggunakan beton konvensional sebagai *topping*. Penggunaan metode ini sangat menguntungkan dari berbagai sisi, misalnya pengurangan pelat beton pracetak, *topping* pada metode ini berfungsi sebagai diafragma penyambung antar pelat satu dengan pelat lainnya.

Keuntungan lainnya adalah beton pracetak yang letaknya di bawah juga berperan sebagai bekisting untuk pengecoran pelat beton konvensional.

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian dalam rangka tugas akhir ini akan difokuskan pada analisis perbandingan metode *precast half slab* dan konvensional terhadap sistem struktur dan biaya. Penelitian ini membatasi kajian pada sistem struktur pelat lantai saja.. Penelitian ini membatasi kajian pada pekerjaan struktur pelat lantai dengan perletakan terjepit elastis. Struktur pelat lantai dimodelkan dengan *software Safe12* dan *output Safe12* digunakan untuk menghitung kuat lentur dan geser pelat. Analisis biaya berdasarkan volume pekerjaan sesuai gambar kerja dan Analisa Harga Satuan Kota Pekanbaru tahun 2015.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka beberapa permasalahan berikut dapat dirumuskan:

1. Bagaimana perbandingan kinerja sistem struktur pelat lantai antara metode *precast half slab* dan metode konvensional berdasarkan perhitungan manual dengan menggunakan bantuan *software Safe12*.
2. Bagaimana perbandingan Rencana Anggaran Biaya pelat lantai pada pembangunan gedung hotel Pesona antara metode *precast half slab* dan metode konvensional.

A.1. Half Slab

Half slab adalah pelat yang menggunakan beton pracetak sebagai dasarnya dan beton konvensional sebagai *topping*/penutup. Ada dua macam tipe *half slab*, yaitu *half slab* dengan beton pracetak rata (*flat*) dan *half slab* dengan beton pracetak bergerigi. Penggunaan gerigi ini bertujuan agar ikatan antara beton konvensional dan beton pracetak lebih kuat. Beberapa keuntungan menggunakan *half slab* yaitu:

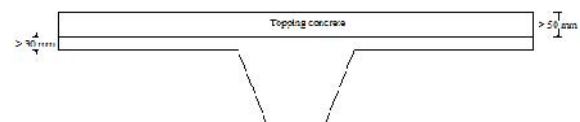
- a. Pelat beton pracetak yang letaknya di bawah juga berfungsi sebagai

bekisting untuk pengecoran pelat beton konvensional.

- b. Dengan memakai *topping* maka tidak semua komponen struktur lantai adalah *precast*, sehingga mengurangi bobot pada saat pengangkutan.
- c. *Topping* berfungsi seperti diafragma jembatan, yaitu menyatukan *precast-precast* didekatnya sehingga dapat memikul beban tersebut bersama-sama. Artinya dengan adanya *topping*, pelat mampu meningkatkan kapasitasnya terhadap pembebanan terpusat tidak terduga yang lebih besar dari rencana.

Berdasarkan penelitian Minehiro Nishiyama tentang *Precast Concrete Research, Design, and Construction in Japan* yang mengacu pada *AJ standard* bahwa detail untuk penulangan dan tebal pelat pada gambar 1 sebagai berikut.

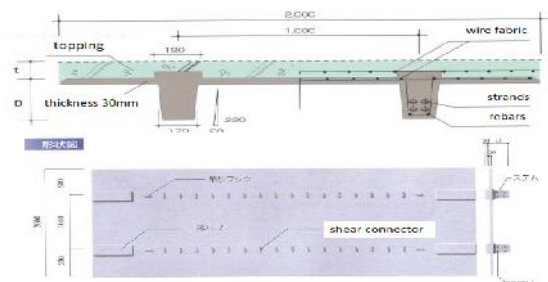
- a. Rasio perkuatan minimal adalah 0,2% untuk pelat *precast* dan *topping*.
- b. Tebal minimal untuk total tebal pelat adalah 80 mm.
- c. Tebal minimal untuk pelat *topping* adalah 50 mm dan untuk *precast slab* 30 mm.



Gambar 1 Penentuan Tebal Pelat *Precast Half Slab*

(Minehiro Nishiyama, 2010)

Berikut merupakan gambar 2 tentang detail *precast half slab* pada konstruksi gedung di Jepang.

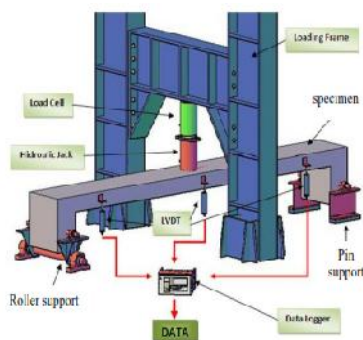


Gambar 2 Pelat *Precast Half Slab* pada Konstruksi di Jepang
(Minehiro Nishiyama, 2010)

A.2. Pengujian Laboratorium Precast Half Slab

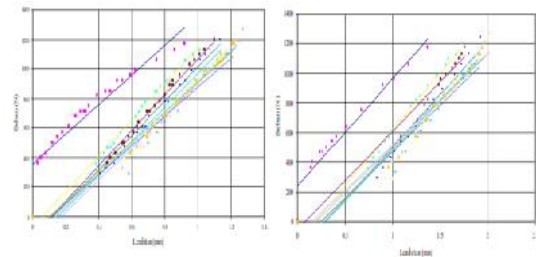
Pengujian laboratorium dilakukan di Laboratorium struktur, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Pengujian yang dilakukan terdiri dari dua model yaitu pelat lantai monolit dan *half slab*. Pelat yang diuji memiliki panjang bentang bersih 3000 mm, tebal total 120 mm, diameter tulangan 8 mm dengan spasi tulangan 100 mm, mutu baja BJ37, dan mutu beton 15 Mpa.

Pengujian dilakukan setelah beton mencapai umur 28 hari. Sistem pembebanan yang dilakukan terbagi dua, yaitu pembebanan elastis berulang dan dilanjutkan dengan pembebanan hingga sampel hancur. Pembebanan elastis berulang merupakan simulasi dari aksi beban hidup pada lantai. Besarnya beban elastis kurang dari $30\%f_c$. Gambar 3 menunjukkan skema susunan pengujian sampel pelat.

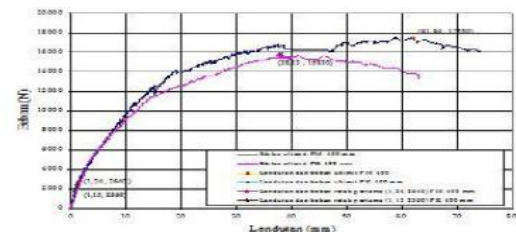
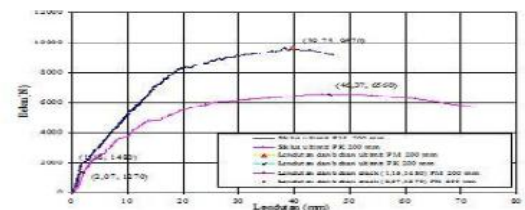


Gambar 3 Skema Susunan Alat Uji (Suprpto Siswosukarto, 2013)

Pembebanan statis berulang dilakukan sebanyak 10 kali dengan memberi beban hingga 15% beban *ultimate*, lalu dilepas dan setelah beberapa menit dihentikan sementara lalu diberi beban kembali. Setelah pengujian tahap pertama selesai kemudian pada tahap kedua sampel tersebut diberi beban hingga sampel mencapai kapasitas maksimumnya dan hancur. Berikut gambar 4 dan gambar 5 yang menunjukkan hasil pengujian sampel-sampel tersebut.



Gambar 4 Kalkulasi Kekakuan Setiap Siklus Pembebanan untuk Pelat Monolit (Kiri) dan *Precast Half Slab* (Kanan) (Suprpto Siswosukarto, 2013)



Gambar 5 Hasil Pembebanan untuk Sampel dengan Lebar 600 mm (Suprpto Siswosukarto, 2013)

Gambar 4 menunjukkan bahwa tidak perbedaan yang signifikan dalam besarnya kekakuan untuk pelat monolit dan *precast half slab*. Hal ini berarti *precast half slab* memiliki perilaku struktur yang sama dengan pelat monolit. Jadi dapat disimpulkan bahwa *precast half slab* akan memiliki karakteristik kekakuan lentur seperti pelat monolit.

Gambar 5 menunjukkan bahwa kapasitas beban *precast half slab* dan pelat monolit hampir sama khususnya selama tahap awal pembebanan. Namun ketika pembebanan berlanjut *precast half slab* memiliki deformasi yang lebih rendah

dibandingkan dengan pelat monolit. Berdasarkan hasil di atas dapat disimpulkan bahwa kapasitas beban *precast half slab* akan cukup menopang pembebanan actual dalam struktur. Jadi *precast half slab* adalah metode struktur yang dapat dipercaya untuk diterapkan dalam sistem konstruksi pelat.

A.3. Tegangan pada Half Slab

Half slab terdiri dari dua macam metode yaitu pelat pracetak dan pelat konvensional, maka perlu dilihat apakah pertemuan antara dua metode tersebut mengalami geser/slip untuk keamanan bangunan. Analisis dilakukan dengan membandingkan tegangan yang diakibatkan oleh gaya geser dengan tegangan yang diakibatkan oleh gaya normal pada daerah pertemuan pelat pracetak dengan pelat konvensional.

A.3.1. Geser Friksi

Aturan geser friksi dapat diberlakukan untuk memperhitungkan transfer geser antar bidang yang berbeda bahan, nilai ini dihitung dengan persamaan berikut.

$$V_n = A_{vf} \times f_y \times m \quad (1)$$

$$V_u \leq f \cdot V_n \quad (2)$$

Koefisien friksi μ :

1. Beton yang dicorkan pada beton yang sudah mengeras yang permukaannya diberi kekasaran dengan sengaja ($\mu = 1$).
2. Beton yang dicorkan pada beton yang sudah mengeras yang permukaannya tidak diberi kekasaran dengan sengaja ($\mu = 0,6$)
3. Beton yang dicor monolit ($\mu = 1,4$)
4. Beton yang diangkur pada baja bilas struktural dengan menggunakan penghubung geser jenis paku berkepala atau batang tulangan.

Kuat geser tidak boleh diambil lebih besar dari $0,2 f'_c A_c$ atau $5,5 A_c$.

A.3.2. Tegangan Akibat Gaya Geser

Analisis tegangan pada satu buah elemen pada pelat yang memiliki gaya dalam geser/lintang yang terbesar (kritis). Adapun rumus tegangan geser:

$$t_D = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t} \quad (3)$$

dengan t_D adalah tegangan geser akibat gaya geser, V adalah gaya dalam geser yang terjadi, Q adalah statis momen di titik yang ditinjau, t adalah lebar penampang di titik yang ditinjau, dan I adalah momen inersia.

A.3.3. Tegangan Akibat Gaya Normal

Tegangan normal merupakan salah satu hal penting dalam menentukan terjadinya geser/slip diantara pertemuan antara pelat pracetak dan pelat konvensional. Adapun rumus tegangan geser:

$$t_N = \frac{F}{A} \quad (4)$$

dengan F adalah gaya normal yang ditanggung pada daerah pertemuan dan A adalah luas elemen yang menerima gaya normal.

A.3.4. Kekuatan Angkur Pengangkatan

Angkur yang digunakan biasanya berupa tulangan baja polos yang dibengkokkan bagian ujungnya. Gaya tarik nominal yang bekerja pada angkur harus memenuhi ketentuan sebagai berikut.

a. Kekuatan baja angkur (N_{sa})

$$N_n \leq N_{sa} \quad (6)$$

$$N_{sa} = n \cdot A_{se} \cdot f_{uta} \quad (7)$$

$$f_{uta} = 1.9 f_{ya} \quad (8)$$

$$f_{uta} \leq 860 \text{ MPa} \quad (9)$$

dengan N_n adalah gaya tarik pada angkur, N_{sa} adalah kekuatan baja pangkur, n adalah jumlah angkur yang ditanam, A_{se} adalah luas tulangan pangkur, f_{uta} adalah kekuatan

tarik angkur baja, dan f_{ya} adalah kekuatan leleh tarik angkur baja

- b. Kekuatan pecah beton dari angkur tunggal terhadap gaya tarik (N_b)

$$N_n \leq N_b \quad (10)$$

$$N_b = k_c \cdot \sqrt{f'_c} \cdot h d^{1.5} \quad (11)$$

dengan N_n adalah gaya tarik pada angkur, N_b adalah kekuatan pecah beton, k_c adalah koefisien (*cast in anchor*), f'_c adalah kekuatan tekan beton, dan h_{ef} adalah tinggi efektif atau kedalaman pangkur.

Jika $N_n = N_b$ diketahui, maka dapat dicari kedalaman angkur minimal dengan rumus sebagai berikut.

$$h d^{1.5} = \frac{N_n}{k_c \cdot \sqrt{f'_c}} \rightarrow h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{N_n}{k \cdot \sqrt{f'_c}}\right)^2} \quad (12)$$

A.3.5. Perencanaan Sambungan Precast Half Slab

Sambungan yang direncanakan yaitu sambungan antara pelat *precast half slab* dan balok. Adapun pendetailan sambungan sesuai dengan ketentuan SNI 03-2847-2013 Pasal 12. Panjang penyaluran yang ditentukan antara lain:

1. Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik, l_d ditentukan dari rumus 13, tetapi l_d tidak boleh kurang dari 300 mm.

$$l_d = \left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot y_e}{2,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right) \cdot d_b \quad (13)$$

dengan l_d adalah panjang penyaluran, f_y adalah tegangan leleh baja, f'_c adalah kuat tekan beton, Ψ_t adalah faktor pelapis, Ψ_l adalah faktor lokasi penulangan, λ adalah beton berat normal, dan d_b adalah diameter tulangan.

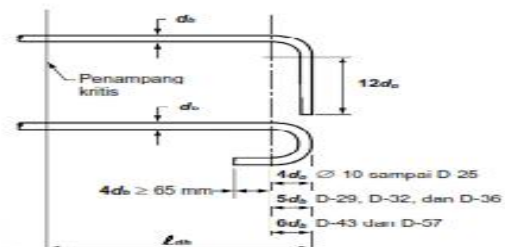
2. Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan, l_d harus diambil yang terbesar dari rumus 14 dan 15, tetapi l_d tidak boleh kurang dari 200 mm.

$$l_{d1} = \left(\frac{0,24 \cdot f_y}{1 \cdot \sqrt{f'_c}} \right) \cdot d_b \quad (14)$$

$$l_{d2} = (0,043 \cdot f_y) \cdot d_b \quad (15)$$

3. Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar, l_{dh} harus ditentukan dari rumus 16, tetapi tidak boleh kurang dari $8d_b$ dan 150 mm. Gambar detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar dapat dilihat pada gambar 6.

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot y_e \cdot f_y}{1 \cdot \sqrt{f'_c}} \right) \cdot d_b \quad (16)$$



Gambar 6 Detail Batang Tulangan Berkait untuk Penyaluran Kait Standar

A.4. Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) suatu bangunan adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lainnya yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang harus dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja, pekerja, dan biaya peralatan.

$$RAB = \sum (Volume \times Harga \text{ Satuan Pekerjaan}) \quad (17)$$

B. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam tugas akhir ini, perencanaan hanya meliputi perencanaan struktur pelat lantai saja. Selanjutnya penentuan model

dan bentuk struktur untuk kedua metode, dari struktur yang telah ada ini kemudian dianalisa dan dihitung. Setelah itu dicek kekuatan struktur tersebut, apakah struktur tersebut aman atau tidak. Lalu selanjutnya menghitung volume pekerjaan masing-masing metode, analisa harga satuan, dan RAB untuk kedua metode dan membandingkan perkiraan biaya diantara kedua metode tersebut.

B.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan merupakan bahan baku bagi penelitian yang harus diolah lebih lanjut agar berhasil mempunyai manfaat untuk mencapai tujuan penelitian. Data yang dihimpun terdiri dari data primer dan data sekunder.

B.1.1. Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan survei ke lokasi proyek dengan melakukan pengamatan terhadap pelaksanaan pekerjaan. Data primer antara lain pelat K-300 ($f'c = 25$ Mpa) dan ruangan diameter 10 mm dengan f_y 400 Mpa.

B.1.2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang berasal dari peraturan-peraturan atau ketentuan-ketentuan serta referensi kepustakaan yang ada untuk digunakan dalam menganalisa struktur dan Rencana Anggaran Biaya. Pada penelitian ini data sekunder yang diperlukan adalah data harga satuan upah dan bahan kota Pekanbaru tahun 2015, dan dokumentasi.

B.2. Pemodelan menggunakan Software Safe12

Pemodelan struktur pelat lantai dengan software Safe 12 membutuhkan data material struktur, spesifikasi struktur, dan data beban yang bekerja. Pemodelan pelat dilakukan untuk pelat *precast half slab* dan pelat konvensional.

B.3. Perhitungan Struktur Pelat *Precast Half Slab* dan Pelat Konvensional secara Manual

Perencanaan struktur berdasarkan SNI 03-2487-2013 (*Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung*). Prosedur perhitungan analitis struktur untuk pelat dilakukan secara manual dengan bantuan software Safe 12.

1. *Precast Half Slab*

Tahapan perhitungan struktur untuk *precast half slab* sebagai berikut.

- Menentukan momen yang bekerja pada pelat (*output Safe12*).
- Menentukan tebal pelat *precast* dan tebal *topping* (h).
- Menetapkan diameter tulangan utama yang direncanakan.
- Mencari tinggi efektif (d).
- Menentukan rasio penulangan (ρ).
- Memeriksa syarat rasio penulangan ($\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$).
- Mencari luasan tulangan yang dibutuhkan (A_s).
- Memeriksa kekuatan lentur pelat ($\phi . Mn$)
- Memeriksa kekuatan geser pelat ($\phi . Vn$)
- Memeriksa tegangan pada *half slab* (geser friksi, tegangan akibat gaya geser, dan tegangan akibat gaya normal).
- Menghitung perencanaan sambungan *precast half slab* (l_d).
- Analisa kekuatan angkur.

2. Pelat Lantai Konvensional

Tahapan perhitungan struktur untuk pelat lantai konvensional sebagai berikut.

- Menentukan momen yang bekerja pada pelat (*output Safe12*).
- Menentukan tebal penutup pelat beton (h).
- Menetapkan diameter tulangan utama yang direncanakan.
- Mencari tinggi efektif (d).
- Menentukan rasio penulangan (ρ).
- Memeriksa syarat rasio penulangan ($\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$).
- Mencari luasan tulangan yang dibutuhkan (A_s).
- Memeriksa kekuatan lentur pelat ($\phi . Mn$)

- i. Memeriksa kekuatan geser pelat ($\square.Vn$)

B.4. Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

RAB dalam penyusunan penelitian ini hanya meninjau perkiraan biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan bagian struktur pelat lantai saja. Secara khusus akan menguraikan perkiraan biaya pelaksanaan beton dengan menggunakan metode *precast half slab* dan metode pelat konvensional. Secara rinci perhitungan RAB meliputi:

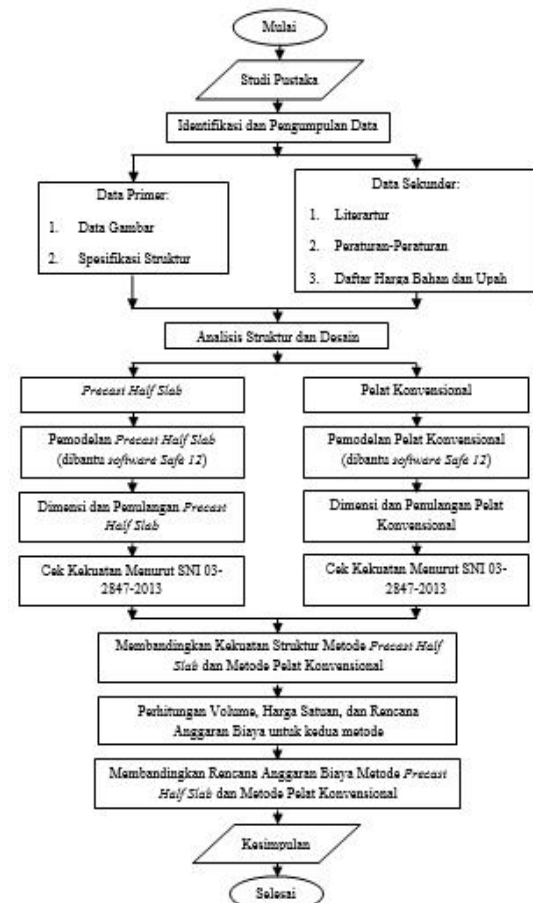
1. Perhitungan volume pekerjaan untuk kedua metode
2. Analisa harga satuan upah
3. Analisa harga satuan bahan
4. Analisa harga sewa alat bantu kerja
5. Daftar harga upah dan bahan
6. Daftar RAB

B.5. Analisis Perbandingan Struktur dan Biaya dari Kedua Metode

Dari perhitungan struktur kedua metode di atas besarnya tebal pelat dan diameter tulangan yang telah diperoleh dari perhitungan selanjutnya dibandingkan hasil antara kedua metode tersebut berupa kuat lentur dan kuat geser pelat apakah dengan tebal pelat dan diameter sama memiliki kekuatan yang sama. Besarnya biaya yang didapat untuk *precast half slab* dan pelat konvensional melalui perhitungan manual yang berdasarkan standar SNI-7394-2008 (Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton untuk konstruksi bangunan gedung dan perumahan), selanjutnya dibandingkan dan diperoleh efisiensi, harga satuan pekerja, bahan, dan peralatan.

B.6. Bagan Alir Penelitian

Secara lengkap tahapan penelitian dapat dilihat pada bagan alir penelitian pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7 Bagan Alir Penelitian

C. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis dan pembahasan terdiri dari analisis struktur *precast half slab* dan pelat konvensional, rencana anggaran biaya *precast half slab* dan pelat konvensional, dan perbandingan kedua metode.

C.1. Analisis Struktur Precast Half Slab

Pada pembebanan gravitasi, untuk melihat kinerja *precast half slab* yang dimodelkan dengan *software Safe12*, hal-hal yang akan ditinjau dan dianalisa hasil *output* programnya adalah gaya dalam dan lendutan/*displacement* pada pelat lantai.

Precast half slab terdiri dari dua bagian yaitu pelat *precast* dan pelat konvensional sebagai *topping*. Analisis struktur yang dilakukan yaitu analisis pada pelat *precast*, pelat *topping*, dan *precast half slab* secara keseluruhan.

C.1.1. Analisis Struktur Pelat Precast

Sebelum pengangkatan pelat maka perlu dianalisis terlebih dahulu kekuatan

angkur pada pelat. Angkur yang digunakan berupa baja tulangan polos yang dibengkokkan bagian ujungnya. Analisa dari kekuatan baja angkur yaitu diameter minimum angkur baja polos 2,692 mm. Analisa kekuatan pecah beton terhadap angkur dimaksudkan untuk menentukan kedalaman baja angkur yang didapat sebesar 19,557 mm. Berdasarkan analisa kekuatan baja angkur dan kekuatan pecah beton pada pelat *precast* sebelum diangkat, maka didapatkan diameter minimum dan kedalaman efektif baja angkur yang aman untuk pengangkatan pelat *precast*.

Pada saat pelat *precast* diangkat maka perlu dianalisis kinerja struktur pelat saat pengangkatan tersebut. Berdasarkan hasil analisis dari *software Safe 12* didapatkan gaya dalam berupa momen. Berikut hasil analisis *software Safe 12* untuk pelat *precast* pada tabel 1.

Tabel 1 Rekapitulasi Penulangan untuk Pelat *Precast* Saat Pengangkatan

Kondisi	Pada Saat Pengangkatan			
	Tulangan Momen Negatif		Tulangan Momen Positif	
	As (mm ²)	Tulangan	As (mm ²)	Tulangan
Arah x				
Arah y	448.799	D10-175	448.799	D10-175

Berdasarkan tabel 1 dapat disimpulkan bahwa pelat *precast* sebagai pelat satu arah di mana sistem penulangannya hanya ada pada arah y sedangkan arah x tidak diperhitungkan karena pelat hanya memiliki dua tumpuan dominan yaitu arah y. Tulangan arah y menggunakan tulangan diameter 10 mm dan spasi antar tulangan 175 mm untuk daerah lapangan dan tumpuan.

Tabel 2 Pemeriksaan Kekuatan Lentur Pelat *Precast* Saat Pengangkatan

Arah	Pada Saat Pengangkatan		
	Kekuatan Lentur <i>Ultimate</i>	Kekuatan Lentur Nominal	Cek Kekuatan
	Mu (KNm)	Mn (KNm)	Mu < Mn
Tumpuan	3.283	6.574	OK
Lapangan	1.628	6.574	OK

Berdasarkan tabel 2 dapat disimpulkan bahwa kekuatan lentur nominal pelat untuk daerah tumpuan dan lapangan mampu memikul momen *ultimate* akibat beban luar.

C.1.2. Analisis Pelat *Topping* Saat Kondisi Layan

Berdasarkan hasil perhitungan struktur didapatkan hasil penulangan dan cek kekuatan lentur pelat pada tabel 3 dan tabel 4.

Tabel 3 Rekapitulasi Penulangan untuk Pelat *Topping* Saat Kondisi Layan

Kondisi	Pada Saat Kondisi Layan			
	Tulangan Momen Negatif		Tulangan Momen Positif	
	As (mm ²)	Tulangan	As (mm ²)	Tulangan
Arah x	523.599	D10-150	448.799	D10-175
Arah y	448.799	D10-175	448.799	D10-175

Berdasarkan tabel 3 dapat disimpulkan bahwa pelat *topping* sebagai pelat dua arah di mana sistem penulangannya pada arah x dan y. Daerah lapangan (arah x dan y) menggunakan tulangan diameter 10 mm dan spasi antar tulangan 175 mm. Daerah tumpuan arah x dan y menggunakan tulangan diameter 10 mm dengan spasi antar tulangan 150 mm untuk arah x dan 175 mm untuk arah y. Perbedaan spasi tulangan tersebut disebabkan karena di daerah tumpuan arah x memikul momen yang lebih besar dibandingkan arah y, sehingga spasi tulangan di arah x lebih rapat dari arah y di tumpuan dan kedua arah di daerah lapangan.

Tabel 4 Pemeriksaan Kekuatan Lentur Pelat *Topping* Saat Kondisi Layan

Kondisi	Pada Saat Kondisi Layan		
	Kekuatan Lentur <i>Ultimate</i>	Kekuatan Lentur Nominal	Cek Kekuatan
	Mu (KNm)	Mn (KNm)	Mu < Mn
Tumpuan Arah x	13.899	15.092	OK
Lapangan Arah x	8.277	13.037	OK
Tumpuan Arah y	12.453	13.037	OK
Lapangan Arah y	8.091	13.037	OK

Berdasarkan tabel 4 dapat disimpulkan bahwa kekuatan lentur nominal pelat yang didapat untuk daerah tumpuan dan lapangan baik itu arah x maupun arah y mampu memikul momen *ultimate* akibat beban luar.

C.1.3. Analisis *Precast Half Slab* Saat Kondisi Layan

Berdasarkan hasil perhitungan struktur didapatkan hasil penulangan dan cek kekuatan lentur pelat pada tabel 5 dan tabel 6.

Tabel 5 Rekapitulasi Penulangan untuk
Precast Half Slab Saat Kondisi Layan

Kondisi	Pada Saat Kondisi Layan			
	Tulangan Momen Negatif		Tulangan Momen Positif	
	As (mm ²)	Tulangan	As (mm ²)	Tulangan
Arah x	1047.198	D10-75	448.799	D10-175
Arah y	1047.198	D10-75	448.799	D10-175

Berdasarkan tabel 5 dapat disimpulkan bahwa *precast half slab* sebagai pelat dua arah di mana sistem penulangannya pada arah x dan y. Daerah lapangan (arah x dan y) menggunakan tulangan diameter 10 mm dan spasi antar tulangan 175 mm. Daerah tumpuan (arah x dan y) menggunakan tulangan diameter 10 mm dan spasi antar tulangan 75 mm. Hal ini disebabkan karena di daerah tumpuan momen yang dipikul lebih besar dari di daerah lapangan sehingga tulangan di daerah tumpuan lebih rapat dibandingkan daerah lapangan.

Tabel 6 Pemeriksaan Kekuatan Lentur
Pelat *Precast Half Slab* Saat Kondisi
Layan

Kondisi	Pada Saat Kondisi Layan		
	Kekuatan Lentur	Kekuatan Lentur	Cek Kekuatan
	Ultimate Mu (KNm)	Nominal Mn (KNm)	
Tumpuan Arah x	23.894	28.532	OK
Lapangan Arah x	11.156	13.037	OK
Tumpuan Arah y	24.175	25.181	OK
Lapangan Arah y	8.299	11.601	OK

Berdasarkan tabel 6 dapat disimpulkan bahwa kekuatan lentur nominal pelat yang didapat untuk daerah tumpuan dan lapangan baik itu arah x maupun arah y mampu memikul momen *ultimate* akibat beban luar.

Berdasarkan perhitungan kuat geser yang terjadi pada pelat, didapat bahwa gaya geser maksimum yang terjadi pada tengah pelat sebesar 59,530 KN masih dapat dipikul oleh beton dari pelat lantai itu sendiri, sehingga tidak diperlukan tulangan geser pada *precast half slab*. Kuat geser *precast half slab* yang mampu menahan gaya geser maksimum yang terjadi sebesar 84,246 KN.

C.1.4. Analisa Tegangan Pada *Precast Half Slab*

Perhitungan tegangan pada *precast half slab* sebagai berikut.

1. Geser Friksi

Geser friksi diperhitungkan karena adanya transfer geser pada bidang yang berbeda bahan. Pada penelitian ini digunakan koefisien friksi 0,6 karena beton yang dicorkan pada beton yang sudah mengeras yang permukaannya tidak diberi kekasaran dengan sengaja. Koefisien friksi merupakan salah satu faktor dalam menentukan besarnya gasa geser nominal yang terjadi pada *half slab*. Tulangan friksi digunakan untuk menahan besarnya geser friksi yang terjadi pada *half slab*. Besarnya geser friksi yang terjadi 18849,556 N, lalu direncanakan tulangan friksi yang mampu untuk menahan gaya geser friksi tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan maka, tulangan geser friksi yang digunakan yaitu tulangan berdiameter 10 mm dengan spasi tulangan 200 mm. Tetapi berdasarkan perhitungan gaya geser yang terjadi pada pelat lantai, gaya geser yang terjadi masih dapat dipikul oleh beton pelat itu sendiri. Sehingga tulangan geser tidak perlu digunakan.

2. Tegangan Akibat Geser

Analisa yang dilakukan berupa analisa gaya geser dalam yang terjadi berdasarkan hasil *Safe 12*, momen statis tinjauan yang merupakan perkalian antara area *half slab* dengan jarak yang ditinjau, momen inersia pelat, dan lebar penampang yang ditinjau. Berdasarkan hasil perhitungan didapat momen statis tinjauan sebesar 3500000 mm³, momen inersia pelat 14400000 mm⁴, dan lebar penampang yang ditinjau 1000 mm. Berdasarkan analisa tersebut dapat ditentukan tegangan akibat geser yang terjadi pada *half slab* sebesar 1,447 N/mm².

3. Tegangan Akibat Gaya Normal

Hasil analisa yang dilakukan dengan *software Safe 12* didapatkan nilai gaya normal pada pelat yang terbesar adalah 15940 N. Lebar elemen yang ditinjau sebesar 1000 mm, sehingga luas elemen yang menerima gaya normal sebesar 1000000 mm². Jadi berdasarkan analisa tersebut dapat ditentukan tegangan normal yang terjadi sebesar 0,016 N/mm².

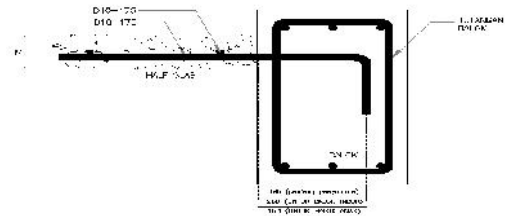
Berdasarkan perhitungan tegangan, didapatkan nilai tegangan geser lebih besar dari tegangan normal yaitu $1,447 \text{ N/mm}^2 > 0,016 \text{ N/mm}^2$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada pertemuan antara pelat pracetak dan pelat konvensional dapat terjadi geser/slip sehingga diperlukan *shear connector*. Adapun perencanaan *shear connector* sebagai berikut.

Shear connector yang digunakan untuk menahan terjadinya geser/slip dalam penelitian ini yaitu *shear connector* dari *stud* berkepala baja. *Shear connector* yang digunakan harus dianalisis terhadap kuat tarik baja dan kuat desak beton. Pada penelitian ini kuat desak beton lebih dominan dalam penentuan dimensi *stud* yaitu sebesar 2279062,5 N dibandingkan dengan kuat tarik baja sebesar 58853 N. Berdasarkan analisis tersebut maka digunakan *stud* ukuran 0,75 inci dengan panjang 3 inci, sehingga didapat jumlah *shear connector* untuk satu *half slab* sebanyak 21 buah. Namun untuk letak dan jarak antar *stud* dalam penelitian ini tidak ditinjau lebih khusus.

C.1.5. Perencanaan Sambungan Precast Half Slab

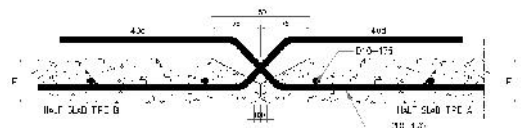
Sambungan yang direncanakan yaitu sambungan antara *precast half slab* dengan balok dan sambungan antar *precast half slab*. Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar, dapat ditentukan berdasarkan faktor berat beton yang digunakan, faktor pelapis tulangan, mutu baja, dan mutu beton. Adapun syarat panjang penyaluran minimal untuk penyaluran kait standar tulangan dalam kondisi tarik sebesar $8d_b$ atau 150 mm. Berdasarkan faktor-faktor tersebut dapat ditentukan panjang penyaluran kait standar tulangan dalam kondisi tarik. Panjang penyaluran yang didapat harus dikalikan dengan faktor selimut beton (0,7) dan sengkang atau sengkang ikat (0,8). Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik untuk ujung tak menerus adalah 150 mm (15db) untuk balok anak

dan 200 mm (20db) untuk balok induk. Berikut detail gambar sambungan berkait untuk balok anak dan balok induk pada gambar 9.



Gambar 9 Detail Batang Tulangan Berkait untuk Penyaluran Kait Standar

Sambungan antar pelat *precast half slab* merupakan sambungan basah yang pada umumnya telah disediakan tulangan dengan panjang tertentu yang merupakan sisa atau perpanjangan dari tulangan elemen *precast*. Sambungan antar *precast half slab* memiliki spasi sebesar 20 mm. Adanya perbedaan spasi antara *precast half slab* dapat membuat *precast half slab* menjadi lebih fleksibel. Sambungan antar *precast half slab* dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 Sambungan Antar Precast Half Slab

C.2. Analisis Pelat Lantai Konvensional

Berdasarkan hasil perhitungan struktur didapatkan hasil penulangan dan cek kekuatan lentur pelat pada tabel 7 dan tabel 8.

Tabel 7 Rekapitulasi Penulangan untuk Pelat Konvensional Saat Kondisi Layan

Arah	Pada Saat Kondisi Layan			
	Tulangan Momen Negatif		Tulangan Momen Positif	
	As (mm ²)	Tulangan	As (mm ²)	Tulangan
Arah x	523.599	D10-150	523.599	D10-150
Arah y	1047.198	D10-75	523.599	D10-150

Berdasarkan tabel 7 dapat disimpulkan bahwa pelat konvensional sebagai pelat dua arah di mana sistem penulangannya pada arah x dan y. Daerah lapangan (arah x dan y) menggunakan

tulangan diameter 10 mm dan spasi antar tulangan 150 mm. Daerah tumpuan arah x dan y menggunakan tulangan diameter 10 mm dengan spasi antar tulangan 150 mm untuk arah x dan 75 mm untuk arah y. Perbedaan spasi tulangan tersebut disebabkan karena di daerah tumpuan arah y memikul momen yang paling besar dibandingkan arah y tumpuan dan daerah lapangan, sehingga spasi tulangan di arah x jauh lebih rapat dari arah y di tumpuan dan kedua arah di daerah lapangan.

Tabel 8 Pemeriksaan Kekuatan Lentur Pelat Konvensional Saat Kondisi Layan

Kondisi	Pada Saat Kondisi Layan		
	Kekuatan Lentur Ultimate	Kekuatan Lentur Nominal	Cek Kekuatan
	M_u (KNm)	M_n (KNm)	$M_u < M_n$
Tumpuan Arah x	14.835	15.092	OK
Lapangan Arah x	13.184	15.092	OK
Tumpuan Arah y	20.749	25.181	OK
Lapangan Arah y	11.664	13.416	OK

Berdasarkan tabel 8 dapat disimpulkan bahwa kekuatan lentur nominal pelat yang didapat untuk daerah tumpuan dan lapangan baik itu arah x maupun arah y mampu memikul momen *ultimate* akibat beban luar.

Berdasarkan perhitungan kuat geser yang terjadi pada pelat, didapat bahwa gaya geser maksimum yang terjadi pada tengah pelat sebesar 62,850 KN masih dapat dipikul oleh beton dari pelat lantai itu sendiri, sehingga tidak diperlukan tulangan geser pada pelat lantai konvensional. Kuat geser pelat lantai konvensional yang mampu menahan gaya geser maksimum yang terjadi sebesar 84,246 KN.

C.3. Penyusunan Rencana Anggaran Biaya

RAB dalam penyusunan penelitian ini hanya meninjau perkiraan biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan bagian struktur pelat lantai saja. Secara khusus akan menguraikan perkiraan biaya pelaksanaan beton dengan menggunakan metode *precast half slab* dan metode pelat konvensional. Secara rinci perhitungan RAB meliputi:

1. Perhitungan volume pekerjaan untuk kedua metode
2. Analisa harga satuan upah
3. Analisa harga satuan bahan
4. Analisa harga sewa alat bantu kerja
5. Daftar harga upah dan bahan
6. Daftar RAB

Berikut tahapan perhitungan RAB untuk pelat lantai metode *precast half slab* dan konvensional.

1. Analisa Volume

Analisa volume pekerjaan dihitung berdasarkan gambar kerja untuk *precast half slab* dan pelat konvensional. Analisa volume yang dihitung berupa pekerjaan bekisting pelat, pembesian pelat dan pembesian *topping*, langsir pelat *precast*, pemasangan pelat *precast*, dan pengecoran pelat dan *topping*. Hasil perhitungan volume pekerjaan *precast half slab* dapat dilihat pada tabel 9 dan volume pekerjaan pelat konvensional pada tabel 10.

Tabel 9 Rekapitulasi Analisa Volume *Precast Half Slab*

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
1	Pekerjaan Bekisting Pelat <i>Half Slab</i> (5 kali pakai) Lantai 1	75.075	m ²
2	Pekerjaan Bekisting Pelat <i>Half Slab</i> (5 kali pakai) Lantai 2-9	600.600	m ²
3	Pekerjaan Bekisting Pelat <i>Half Slab</i> (5 kali pakai) Lantai 10	75.075	m ²
4	Pekerjaan Bekisting Pelat <i>Half Slab</i> (5 kali pakai) Lantai 11	92.092	m ²
5	Pekerjaan Pembesian Tulangan <i>Half Slab</i> Lantai 1	5729.585	kg
6	Pekerjaan Pembesian Tulangan <i>Half Slab</i> Lantai 2-9	58237.890	kg
7	Pekerjaan Pembesian Tulangan <i>Half Slab</i> Lantai 10	6808.718	kg
8	Pekerjaan Pembesian Tulangan <i>Half Slab</i> Lantai 11	7416.834	kg
9	Pekerjaan Langsir Pelat	842.000	keping
10	Pekerjaan Erection	842.000	keping
11	Pekerjaan Beton (<i>Half Slab</i>) Lantai 1	43.341	m ³
12	Pekerjaan Beton (<i>Half Slab</i>) Lantai 2-9	365.686	m ³
13	Pekerjaan Beton (<i>Half Slab</i>) Lantai 10	46.614	m ³
14	Pekerjaan Beton (<i>Half Slab</i>) Lantai 11	53.089	m ³

Tabel 10 Rekapitulasi Analisa Volume Pelat Konvensional

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
1	Pekerjaan Bekisting Pelat Lantai 1	341.294	m ²
2	Pekerjaan Bekisting Pelat Lantai 2-9	3109.522	m ²
3	Pekerjaan Bekisting Pelat Lantai 10	406.758	m ²
4	Pekerjaan Bekisting Pelat Lantai 11	417.141	m ²
5	Pekerjaan Pembesian Pelat Lantai 1	5729.585	kg
6	Pekerjaan Pembesian Pelat Lantai 2-9	58237.890	kg
7	Pekerjaan Pembesian Pelat Lantai 10	6808.718	kg
8	Pekerjaan Pembesian Pelat Lantai 11	7416.834	kg
9	Pekerjaan Beton Lantai 1	40.955	m ³
10	Pekerjaan Beton Lantai 2-9	373.143	m ³
11	Pekerjaan Beton Lantai 10	48.811	m ³
12	Pekerjaan Beton Lantai 11	50.057	m ³

Berdasarkan tabel 9 dan tabel 10 dapat disimpulkan bahwa perbandingan volume pekerjaan pelat lantai untuk kedua metode yang sangat signifikan pada

pekerjaan bekisting sehingga biaya pekerjaannya akan jauh berbeda antara kedua metode ini. Volume bekisting *precast half slab* untuk lantai 1 sebesar 75.075 m², lantai 2 sampai lantai 9 sebesar 600.600 m², lantai 10 sebesar 75.075 m² dan lantai 11 sebesar 92.092 m². Volume bekisting Pelat konvensional untuk lantai 1 sebesar 341.294 m², lantai 2 sampai lantai 9 sebesar 3109.522 m², lantai 10 sebesar 406.758 m², dan lantai 11 sebesar 417.141 m². Perbandingan volume bekisting antara kedua metode untuk tiap lantai mencapai lebih dari 75%. Hal ini disebabkan bahwa metode *precast half slab* tidak menggunakan material kayu yang banyak untuk setiap lantainya dimana pelat *precast* dapat berfungsi sebagai bekisting untuk pengecoran *topping*, sehingga metode *precast half slab* dapat mengurangi penggunaan material kayu sebesar lebih dari 75% yang merupakan salah satu konsep dari konstruksi ramah lingkungan. Pekerjaan pembesian antara kedua metode memiliki volume pekerjaan yang sama untuk tiap lantainya karena menggunakan tulangan dan spasi tulangan yang sama. Pekerjaan pengecoran untuk kedua metode memiliki volume yang hampir sama dimana volume pengecoran *precast half slab* lantai 1 sebesar 43.341 m³, lantai 2 sampai lantai 9 sebesar 365.686 m³, lantai 10 sebesar 46.614 m³, dan lantai 11 sebesar 53.089 m³. Volume pekerjaan pengecoran pelat konvensional lantai 1 sebesar 40.955 m³, lantai 2 sampai lantai 9 sebesar 373.143 m³, lantai 10 sebesar 48.811 m³, dan lantai 11 sebesar 50.057 m³. Perbandingan volume pengecoran antara kedua metode untuk tiap lantai kurang lebih 5%. Hal ini disebabkan karena kedua metode menggunakan pelat dengan ketebalan yang sama sehingga perbedaan volumenya tidak terlalu besar. Adanya perbedaan volume pengecoran disebabkan karena *precast half slab* merupakan gabungan antara pelat *precast* yang dicor di tempat produksi dan *topping* yang dicor di lapangan, sehingga total volume pengecoran untuk metode ini memiliki perbedaan dengan pelat

konvensional yang langsung dicor sekaligus dilapangan.

2. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan RAB terbagi dua untuk masing-masing metode dengan menggunakan rumus berikut.

$$RAB = \sum (Volume \times Harga \text{ Satuan Pekerjaan})$$

1. Analisa Biaya *Precast Half Slab*

Pada pelaksanaan *precast half slab*, jenis *item* pekerjaan yang dilakukan yaitu pekerjaan bekisting pelat *precast*, pekerjaan pembesian pelat *precast*, pekerjaan pengecoran pelat *precast*, pekerjaan langsir pelat *precast*, pekerjaan *erection*, pekerjaan pembesian *topping*, dan pengecoran pelat *topping*. Peralatan yang digunakan yaitu *tower crane*, *concrete pump*, *concrete mixer truck*, *scaffolding*, *bar bender*, *bar cutter*, *concrete bucket*, *concrete vibrator*, *air compressor*, *genset*. Sebelum analisis biaya pelaksanaan pelat, dilakukan analisa harga satuan masing-masing *item* pekerjaan. Perhitungan analisa biaya untuk masing-masing pekerjaan *precast half slab* dapat dilihat pada tabel 11.

2. Analisa Biaya Konvensional

Pada pelaksanaan pelat konvensional, jenis *item* pekerjaan yang dilakukan yaitu pekerjaan bekisting pelat, pekerjaan pembesian pelat, dan pekerjaan pengecoran pelat. Peralatan yang digunakan yaitu *tower crane*, *concrete pump*, *concrete mixer truck*, *scaffolding*, *bar bender*, *bar cutter*, *concrete bucket*, *concrete vibrator*, *air compressor*, *genset*. Sebelum analisis biaya pelaksanaan pelat, dilakukan analisa harga satuan masing-masing *item* pekerjaan. Perhitungan analisa biaya untuk masing-masing pekerjaan pelat konvensional dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11 Analisis Biaya Pelat Lantai Metode *Precast Half Slab* dan Metode Konvensional

Analisis Biaya Pelat Lantai Kedua Metode											
Precast Half Slab						Pelat konvensional					
No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga (Rp)	No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga (Rp)
I	Pekerjaan Bekisting					I	Pekerjaan Bekisting				
1	Pekerjaan Bekisting Lantai 1	75.075	m ²	413,034.92	31,008,596.62	1	Pekerjaan Bekisting Lantai 1	341.294	m ²	477,319.00	162,905,965.50
2	Pekerjaan Bekisting Lantai 2-9	600.6	m ²	413,034.92	248,068,772.95	2	Pekerjaan Bekisting Lantai 2-9	3109.52	m ²	477,319.00	1,484,233,903.54
3	Pekerjaan Bekisting Lantai 10	75.075	m ²	413,034.92	31,008,596.62	3	Pekerjaan Bekisting Lantai 10	406.758	m ²	477,319.00	194,153,217.09
4	Pekerjaan Bekisting Lantai 11	92.092	m ²	413,034.92	38,037,211.85	4	Pekerjaan Bekisting Lantai 11	417.141	m ²	477,319.00	199,109,168.45
	Subtotal				348,123,178.04		Subtotal				2,040,402,254.58
II	Erection					II	Pekerjaan Pembesian				
1	Pekerjaan Langsir Plat	842	Buah	32,858.41	27,666,782.74	1	Pekerjaan Pembesian Lantai 1	5729.59	kg	59,029.50	338,214,561.37
2	Pekerjaan Erection	842	Buah	166,979.86	140,597,039.93	2	Pekerjaan Pembesian Lantai 2-9	58237.9	kg	59,029.50	3,437,753,504.14
	Subtotal				168,263,822.67	3	Pekerjaan Pembesian Lantai 10	6808.72	kg	59,029.50	401,915,242.79
						4	Pekerjaan Pembesian Lantai 11	7416.83	kg	59,029.50	437,811,978.99
III	Pekerjaan Pembesian						Subtotal				4,615,695,287.30
1	Pemasangan Tulangan Lantai 1	5729.59	kg	59,029.50	338,214,561.37						
2	Pemasangan Tulangan Lantai 2-9	58237.9	kg	59,029.50	3,437,753,504.14	III	Pekerjaan Beton				
3	Pemasangan Tulangan Lantai 10	6808.72	kg	59,029.50	401,915,242.79	1	Pekerjaan cor beton Lantai 1	40.9552	m ³	1,140,800.00	46,721,741.76
4	Pemasangan Tulangan Lantai 11	7416.83	kg	59,029.50	437,811,978.99	2	Pekerjaan cor beton Lantai 2-9	373.143	m ³	1,140,800.00	425,681,115.69
	Subtotal				4,615,695,287.30	3	Pekerjaan cor beton Lantai 10	48.8109	m ³	1,140,800.00	55,683,513.14
IV	Pekerjaan Beton					4	Pekerjaan cor beton Lantai 11	50.0569	m ³	1,140,800.00	57,104,889.44
1	Pekerjaan cor beton Lantai 1	43.3409	m ³	1,140,800.00	49,443,338.40		Subtotal				585,191,260.02
2	Pekerjaan cor beton Lantai 2-9	365.686	m ³	1,140,800.00	417,174,699.54						
3	Pekerjaan cor beton Lantai 10	46.6141	m ³	1,140,800.00	53,177,409.81						
4	Pekerjaan cor beton Lantai 11	53.0892	m ³	1,140,800.00	60,564,197.70						
	Subtotal				580,359,645.44						

Tabel 12 Persentase Harga Satuan Bahan, Upah, dan Peralatan Kedua Metode

Persentase Bahan, Upah, dan Peralatan Kedua Metode					
<i>Precast Half Slab</i>			Pelat Konvensional		
Komponen	Total Biaya (Rp)	Persentase	Komponen	Total Biaya (Rp)	Persentase
Bahan	1,586,853	52.93%	Bahan	1,568,007	52.80%
Upah Tenaga	111,860	3.73%	Upah Tenaga	101,935	3.43%
Peralatan	1,299,495	43.34%	Peralatan	1,299,495	43.76%
Total Harga Satuan	2,998,208	100%	Total Harga Satuan	2,969,437	100.00%

Tabel 13 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Pelat Lantai Metode *Precast Half Slab* dan Metode Konvensional

Rekapitulasi Biaya Pelat Lantai Kedua Metode					
<i>Precast Half Slab</i>			Pelat Konvensional		
No	Uraian Pekerjaan	Total Harga (Rp)	No	Uraian Pekerjaan	Total Harga (Rp)
I	Pekerjaan Bekisting	348,123,178.04	I	Pekerjaan Bekisting	2,040,402,254.58
II	Erection	168,263,822.67	II	Pekerjaan Pembesian	4,615,695,287.30
III	Pekerjaan Pembesian	4,615,695,287.30	III	Pekerjaan Beton	585,191,260.02
IV	Pekerjaan Beton	580,359,645.44			
	Total Biaya	5,712,441,933.44		Total Biaya	7,241,288,801.90

C.4. Analisa Perbandingan Kekuatan Struktur dan Biaya Kedua Metode

Berdasarkan perhitungan struktur dan biaya sebelumnya maka dapat dilihat perbandingan kekuatan struktur dan biaya dari kedua metode pada tabel 14, tabel 15 dan tabel 16.

Tabel 14 Perbandingan Kekuatan Struktur Metode *Precast Half Slab* dan Konvensional

Metode	Kekuatan Lentur Nominal $\square$ Mn (KNm)	Kekuatan Geser Nominal $\square$ Vn (KN)
<i>Precast Half Slab</i>	28.532	84.246
Pelat Konvensional	25.181	84.246

Tabel 15 Perbandingan Displasment Metode *Precast Half Slab* dan Konvensional

Metode	Maksimum(mm)
<i>Precast Half Slab</i>	-0.0988
Konvensional	-0.0977

Tabel 16 Perbandingan Biaya Metode *Precast Half Slab* dan Konvensional

No	Metode	Total biaya	Efisiensi Penggunaan <i>Precast Half Slab</i>
1	<i>Precast Half Slab</i>	5,712,441,933.442	
2	Pelat Konvensional	7,241,288,801.897	21.113%

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pelat lantai *precast half slab* dan pelat konvensional menggunakan tulangan diameter 10 mm dan tebal pelat 120 mm. Kekuatan struktur diantara kedua metode tersebut berbeda meskipun memiliki ketebalan dan menggunakan diameter yang sama. Kekuatan lentur nominal *precast half slab* dapat memikul beban akibat gaya luar terbesar pada pelat sebesar 28.532 KNm dan kekuatan lentur nominal pelat konvensional sebesar 25.181 KNm. Adanya sedikit perbedaan kekuatan lentur kedua metode pada penelitian ini disebabkan karena perbedaan jumlah dan spasi tulangan yang digunakan pada masing-masing metode. Hal ini menunjukkan bahwa dengan dimensi tebal dan tulangan yang sama, *precast half slab* dan pelat

konvensional memiliki perilaku struktur yang hampir sama. Jadi, berdasarkan analisis struktur ini dapat disimpulkan bahwa *precast half slab* dan pelat konvensional memiliki perilaku karakteristik struktur yang sama bila diterapkan dalam konstruksi pelat lantai pada gedung.

2. *Precast half slab* dan pelat konvensional memiliki kekuatan geser sebesar 84.246 KN. Kuat geser yang terjadi pada pelat lantai untuk metode *precast half slab* dan pelat konvensional masih dapat dipikul oleh kuat geser dari beton pelat sendiri dan tidak memerlukan tulangan geser.
3. *Precast half slab* memiliki fleksibilitas yang lebih besar dari pelat konvensional dengan mutu beton yang sama. Hal ini karena *precast half slab* memiliki *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan pelat konvensional.
4. Biaya untuk pelaksanaan *precast half slab* Rp. 5,712,441,933.442 dan pelat konvensional Rp. 7,241,288,801.897. Jadi dapat disimpulkan bahwa total biaya pekerjaan pelat lantai dengan menggunakan metode *precast half slab* memberikan biaya yang lebih murah dibandingkan dengan total biaya pekerjaan pelat lantai dengan metode konvensional. Salah satu penyebab besarnya perbedaan biaya antara kedua metode yaitu biaya pekerjaan bekisting pelat konvensional yang sangat besar bila dibandingkan dengan biaya pekerjaan bekisting *precast half slab*. Selisih biaya antara *precast half slab* dan pelat konvensional sebesar 21,113%.

E. SARAN

Hal-hal yang masih perlu diperhatikan dalam membandingkan pelaksanaan pekerjaan pelat lantai metode *precast half slab* dan konvensional adalah sebagai berikut.

1. Perlu ditambahkan referensi dan pedoman-pedoman yang lebih banyak lagi terutama pada pengujian kekuatan struktur *precast half slab*.
2. Penggunaan *precast half slab* pada gedung bertingkat dapat mengurangi biaya pelaksanaan proyek dan juga merupakan penerapan konsep pembangunan ramah lingkungan sehingga perlu dikembangkan.
3. Dalam perencanaan *precast half slab* harus direncanakan juga *shear connector* terlebih dahulu untuk menahan geser antara bahan yang berbeda baik itu bentuk, dimensi, jumlah, dan letak *shear connector*.

F. DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, Ali. (2010). *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Garaha Ilmu.
- Analisis SNI, 7394 : 2008. *Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 2847-2013. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*.
- G. MacGregor, James. 2005. *Reinforced Concrete: Mechanics and Design 4th ed un SI units*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hartland, Robert. 1975. *Design of Precast Concrete*. United Kingdom: Surrey University Press.
- Michael Tedja. dkk, 2013. Perbandingan Metode Konstruksi Pelat Lantai Sistem *Double Wire Mesh* dengan Sistem *Half Slab*. Vol. 4 No. 2 Desember 2013: 888-895.
- Muliadi Halim Wijaya, 2011. Evaluasi kinerja *half slab* akibat pembebanan gravitasi dan gempa bumi. 1037/FT.01/SKRIP/07/2011.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum. (2013). Permen PU No. 11/PRT/M/2013: Pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.
- Rininta Fastaria dan Yusroniya Eka Putri, 2014. Analisa Perbandingan Metode Half slab dan Plat Komposit Bondek Pekerjaan Struktur Plat Lantai Proyek Pembangunan Apartement De Papilio Tamansari Surabaya. Vol. 3 No. 2, (2014) ISSN: 2337-3539.
- Suprpto Siswosukarto, 2013. Semi Precast Slab as an Alternative Method To Promote Green Construction in Residential House Project. *Journal of civil engineering cofference in Asia*, ISBN 978-602-8605-08-3.
- Wulfram I. Ervianto, 2007. *Komparasi Penerapan Plat Pracetak vs Konvensional*, dipresentasikan dalam Konferensi Nasional Pengembangan Infrastruktur Berkelanjutan, 18 Oktober 2007, Bali.