

ANALISIS TEKNIS BALOK PRACETAK (*PRECAST*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE *U-SHELL* (STUDI KASUS: GEDUNG *LIVING WORLD* PEKANBARU)

Ulfa Rahmawati¹⁾, Mahadi Kurniawan²⁾, Sri Hartati Dewi

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Jl. Kaharudin Nasution No.113 Pekanbaru

Email : ulfarahmawati@student.uir.ac.id

² Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Jl. Kaharudin Nasution No.113 Pekanbaru

Email : mahadi.kurniawan@eng.uir.ac.id

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Jl. Kaharudin Nasution No.113 Pekanbaru

Email : srihartatidewi@eng.uir.ac.id

ABSTRAK

Beton *precast* atau pracetak merupakan teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen-komponen penyusun yang dicetak terlebih dahulu. Tujuan penelitian ini menganalisis perubahan perilaku struktur balok pracetak dari kondisi sebelum komposit (balok *U-Shell*) menjadi kondisi komposit (balok utuh). Metode balok *precast U-Shell* diterapkan pada konstruksi Gedung Living World Pekanbaru. Metode pracetak sistem *U-Shell* merupakan metode pekerjaan balok dimana pada struktur balok dibagi dua, yaitu bagian awalnya menggunakan *precast* dan bagian akhir menggunakan beton *cast-in-situ*. *U-Shell* disini berfungsi sebagai bekisting permanen. Pada dasarnya perencanaan balok dengan menggunakan metode *U-Shell* ini sama dengan perencanaan balok dengan menggunakan metode *monolite* atau konvensional. Perubahan perilaku struktur dikarenakan adanya perubahan momen yang terjadi di setiap kondisi, saat pengangkatan, sebelum komposit dan sesudah komposit. Terjadinya perubahan momen pada sebelum komposit dengan sesudah komposit dikarenakan pada saat sebelum komposit balok masih menerima beratnya sendiri, sedangkan untuk kondisi sesudah komposit perubahan momen terjadinya karena balok sudah menerima bebanya sendiri dan beban lainya seperti pelat dan beban tambahan. Adanya perbedaan tulangan dari perencanaan dan hasil analisa yang disebabkan karena pada analisa balok hanya dihitung sederhana saja.

Kata kunci : balok, beton bertulang, *precast*, *u-shell*

ABSTRACT

Precast or precast concrete are a concrete structure construction technology with constituent components printed in advance. The purpose of this study was to analyze changes in behavior of precast beam structures from conditions before composites (*U-Shell* beams) to composite conditions (intact blocks). The *U-Shell* precast beam method has been constructed in the Living World Pekanbaru. The precast method of the *U-Shell* system is a beam work method in which the beam structure is divided into two, namely the initial part using precast and the final part using cast-in-situ concrete. *U-Shell* here functions as a permanent formwork. Basically, beam planning using the *U-Shell* method is the same as beam planning using monolite or conventional methods. Changes in structural behavior are due to changes in moments that occur in each condition, when lifting, before composite and after composite. The moment changes in the composite before the composite due to the moment before the composite beam still receives its own weight, while for the condition after the composite the moment changes occur because the beam has received its own burden and other loads such as plates and additional loads. There are differences in reinforcement from the planner and the results of the analysis caused because the beam analysis is only calculated simply.

Keywords: beam, reinforced concrete, *precast*, *u-shell*

A. PENDAHULUAN

Beton *precast* atau pracetak merupakan teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen-komponen penyusun yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus (*off site fabrication*), terkadang komponen-komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu (*pre-assembly*), dan selanjutnya dipasang di lokasi (*installation*), dengan demikian sistem pracetak ini akan berbeda dengan konstruksi monolit terutama

pada aspek perencanaan yang tergantung atau ditentukan pula oleh metode pelaksanaan dari pabrikasi, penyatuan dan pemasangannya, serta ditentukan pula oleh teknis perilaku sistem pracetak dalam hal cara penyambungan antar komponen join (Abduh, 2007 dalam Wahyudi dkk, 2010).

Metode pracetak sistem *U-Shell* merupakan metode pekerjaan balok dimana pada struktur balok dibagi dua, yaitu bagian awalnya menggunakan *precast* dan bagian akhir menggunakan beton *cast-*

in-situ. *U-Shell* disini berfungsi sebagai bekisting permanen. Pada dasarnya perencana balok dengan menggunakan metode *U-Shell* ini sama dengan perencana balok dengan menggunakan metode *monolite* atau konvensional sebagai mana yang dilakukan pada proyek Gedung *Living World* Pekanbaru, namun yang membedakannya adalah pada perencanaan balok metode *U-Shell* ini harus memperhitungkan kondisi dan metode pengangkatan beton pada saat umur beton masih muda, sehingga dengan kondisi tersebut harus memperhitungkan metode pengangkatan dan kapasitas tulangan angkat sehingga mencegah terjadinya retak (*crack*), oleh karena itu dalam metode *precast U-Shell* dibutuhkan analisa dan desain tersendiri yang tidak diperhitungkan dalam menganalisa beton secara *monolite* atau konvensional. Dalam hal tersebut maka fungsi dari metode *precast U-Shell* ini adalah sebagai komponen struktur yaitu struktur balok komposit sehingga perlu ditinjau dari segi analisa teknis.

Berdasarkan keadaan tersebut, maka menganalisa perilaku struktur pada balok dengan menggunakan metode *precast U-Shell* sehingga diketahui perubahan perilaku struktur pada saat kondisi sebelum komposit (balok *U-Shell*) menjadi kondisi komposit (balok utuh).

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Beton Pracetak (*Precast*)

Beton pracetak merupakan teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen-komponen penyusun yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus (*off site fabrication*), terkadang komponen-komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu (*pre-assembly*), dan selanjutnya dipasang di lokasi (*installation*), dengan demikian sistem pracetak ini akan berbeda dengan konstruksi monolit terutama pada aspek perencanaan yang tergantung atau ditentukan pula oleh metode pelaksanaan dari pabrikasi, penyatuan dan pemasangannya, serta ditentukan pula oleh teknis perilaku sistem pracetak dalam hal cara penyambungan antar komponen join (Abduh, 2007 dan Wahyudi dkk, 2010).

Ada dua hal penting yang harus diperhatikan dalam menganalisa dan merencanakan beton semi pracetak ini, yaitu (Son dkk, 2008) :

1. Perencanaan elemen-elemen pracetak
Elemen-elemen pracetak harus direncanakan terhadap kondisi-kondisi yang dialami mulai dari proses fabrikasi sampai pada saat kondisi beban layan, termasuk didalamnya pengangkutan dari cetakan, penyimpanan, transportasi, dan ereksi.
2. Perencanaan sambungan (*joint*) elemen-elemen pracetak
Sifat natural dari elemen pracetak yang digabungkan menjadi kesatuan struktur, menyebabkan struktur beton pracetak

tidak dapat mencapai kondisi monolit, seperti bila beton dicor di tempat. Untuk itu perlu diperhatikan pendetailan titik kumpul atau *joint* pada elemen-elemen ini sehingga mencapai kondisi seperti monolit (*monolithic emulation*).

B.2 Standar Perencanaan

Proses perencanaan dan konstruksi suatu struktur bangunan pada umumnya diatur oleh suatu aturan tertentu, sesuai dengan lokasi struktur bangunan tersebut berada. Pada umumnya tiap negara memiliki peraturan masing-masing. Di Amerika Serikat, sebelum tahun 2000 dikenal tiga macam standar perencanaan bangunan yaitu Uniform Building Code (UBC), Standar Building Code, dan Basic Building Code. Ketiga macam peraturan ini mencakup persyaratan – persyaratan dalam proses desain suatu struktur bangunan. Setelah tahun 2000, ketiga macam peraturan ini digantikan oleh International Building Code (IBC) yang selalu diperbarui setiap 3 tahun. Sedangkan peraturan desain yang lebih spesifik untuk struktur beton bertulang diatur dalam Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 31811). Di Indonesia sendiri peraturan desain struktur beton diatur dalam SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, yang disusun dengan mengacu pada peraturan ACI. Konsep perencanaan yang dianut oleh SNI adalah berbasis kekuatan, atau yang lebih sering dikenal sebagai metode LRFD (Load and Resistance Factor Desain). Dengan menggunakan konsep ini, maka persyaratan dasar yang harus dipenuhi dalam desain adalah:

$$\text{Kuat Rencana} \geq \text{Kuat Perlu} \quad (3.1)$$

Kuat nominal menggambarkan tingkat kekuatan elemen struktur yang dapat dihitung dengan metode-metode konservatif yang telah distandarkan dalam peraturan, sedangkan kuat perlu *U*, dihitung dengan mempertimbangkan faktor beban sesuai jenis beban yang bersangkutan, seperti beban mati *D*, beban hidup *L*, beban angin *W*, atau beban gempa *E*. Persamaan 3.1 berlaku secara umum untuk setiap elemen struktur yang dihitung. Secara khusus untuk elemen struktur yang memikul momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial, maka Persamaan 3.1 dapat dituliskan secara lebih khusus sebagai berikut :

$$\phi M_n \geq M_u \quad (3.2)$$

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.3)$$

$$\phi P_n \geq P_u \quad (3.4)$$

Dimana *n* adalah kuat momen lentur, kuat geser dan kuat aksial nominal dan *u* adalah beban terfaktor dari momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial.

B.3 Perencanaan Balok U-Shell

Balok U-Shell berfungsi untuk memikul beban-beban semisal beban pelat dan berat balok itu sendiri serta beban-beban lain yang bekerja pada struktur tersebut. Keuntungan dari balok U-Shell adalah pada saat fabrikasi memudahkan dalam bekisting, selain itu lebih ekonomis.

Adapun tahap-tahap perencanaan pada balok U-Shell sebagai berikut :

1. Perencanaan Tulangan Lentur Balok. Balok merupakan komponen struktur yang terkena beban lentur. Tata cara perhitungan penulangan lentur untuk komponen balok dapat dilihat pada SNI 2847-2013 Pasal 21.3.2. Perumusan yang digunakan adalah :

$$\phi M_n = \phi A_s f_y (d - 1/2 a) \quad (3.5)$$

Dimana M_n adalah momen nominal, ϕ adalah koefisien yang ditentukan berdasarkan regangan, A_s adalah luasan tulangan yang digunakan, f_y adalah kuat tarik baja, d adalah jarak serat terluar ke titik berat tulangan, dan a adalah tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

2. Perhitungan Tulangan Geser Balok. Perencanaan penampang geser harus didasarkan sesuai SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-1 yaitu harus memenuhi :

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.6)$$

Dimana V_n adalah kuat geser nominal penampang, V_u adalah kuat geser terfaktor pada penampang, dan ϕ adalah faktor reduksi kekuatan untuk geser = 0,75 sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.3.

Kuat geser nominal dari penampang merupakan sumbangan kuat geser beton (V_c) dan tulangan (V_s).

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.7)$$

Untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja, sesuai dengan SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1 persamaan 11-3 dirumuskan sebagai berikut :

$$V_c = 0,17 \alpha \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad (3.8)$$

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada SNI 03:2847-2002, Pasal 11.1 :

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.9)$$

Dimana V_u adalah gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau, V_n adalah kuat

geser nominal, V_c adalah kuat geser beton, dan V_s adalah kuat geser nominal tulangan geser.

3. Kontrol Lendutan.

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja. Lendutan yang terjadi pada balok harus dikontrol agar tidak melebihi lendutan izinnnya, sehingga dirumuskan sebagai berikut :

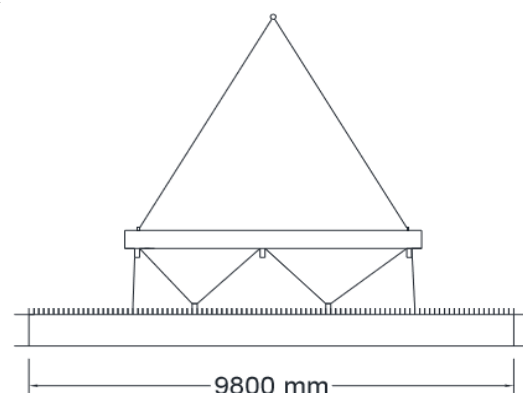
$$\Delta \leq \Delta_{ijin} \quad (3.10)$$

$$\frac{5}{384} \frac{q l^4}{EI} \leq \frac{l}{16} \quad (3.11)$$

B.4 Proses Pengangkatan Balok Precast

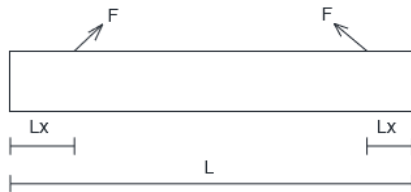
Untuk menjamin elemen pracetak tidak mengalami kerusakan/keretakan elemen pracetak harus diperhatikan dengan pada saat proses pengangkatan maupun penyimpanan. Setelah dilakukan perencanaan struktur sekunder perlu dilakukan kontrol pengangkatan, dimana dalam pelaksanaan pekerjaan beton pracetak perlu erection atau pengangkatan elemen pracetak dari site ke tempat pemasangan beton pracetak harus diperhatikan dengan teliti

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan (*lifting anchor*) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



Gambar 1. Pengangkatan Balok Precast
(Sumber: PT Total Bangun Persada Tbk, 2016)

Adapun pemodelan untuk pembebanan balok pracetak (*precast*) pada saat kondisi pengangkatan (*lifting*) diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 2. Model Pembebanan Balok Precetak Saat Pengangkatan (Sumber: PT Total Bangun Persada Tbk, 2016)

C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1 Data Struktur Gedung

Dalam penelitian ini, yang digunakan sebagai objek penelitian yang dibahas adalah berupa struktur balok *precast U-shell* pada Bangunan Gedung **Living World** Pekanbaru. Dalam pelaksanaan penelitian ini sangat membutuhkan data sebagai bahan pendukung saat pembuatan tugas akhir berikut data-data yang di butuhkan adalah sebagai berikut:

a. Fungsi Bangunan.

Fungsi bangunan yang ditinjau dalam penelitian ini ialah Gedung *Living World* Pekanbaru, gedung ini digunakan untuk pusat perbelanjaan atau mall.

b. Dimensi Bangunan.

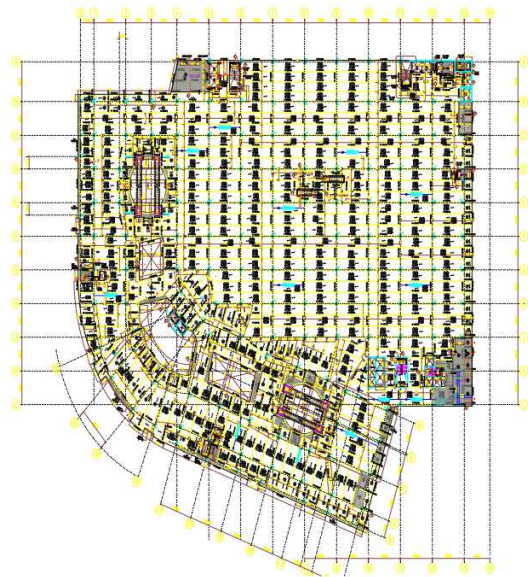
Data-data teknis Gedung *Living World* Pekanbaru (Sumber : PT TOTAL BANGUN PERSADA TBK, 2016) adalah sebagai berikut :

Luas Bangunan : 88.820 m²
Luas Arsitek : 95.836 m²

c. Struktur Bangunan

Data-data struktur bangunan adalah sebagai berikut:

- Balok *precast U-Shell* B1 30 x 70 dengan ukuran 300 mm x 700 mm
- G11 40 X 80 dengan ukuran 400 mm x 800 mm.
- G12 50 x 80 dengan ukuran 500 mm x 800 mm.
- Tebal pelat lantai adalah 140 mm
- Mutu beton dan baja $f_c' = 25$ MPa $f_y = 400$ MPa

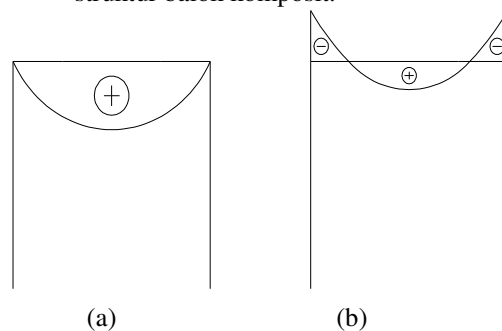


Gambar 3. Denah Lantai Satu Gedung *Living World* Pekanbaru

C.2 Gaya-Gaya Dalam Balok U-Shell

Konsep pekerjaan metode *U-Shell* menekankan pada perubahan perilaku momen-momen yang bekerja pada balok ini. Adapun momen-momen yang bekerja pada balok ini ada 2 macam, yaitu :

1. seluruhnya momen positif pada saat pengerjaan masih pada balok *precast*-nya saja,
2. momen positif pada bagian lapangan struktur plat dan momen negatif pada bagian tumpuan struktur plat pada saat balok *precast* telah disatukan menjadi struktur balok komposit.



Gambar 4. Diagram Momen Pada Balok Metode *U-Shell*

- (a) pada saat masih balok *precast* saja;
(b) pada saat balok sudah menjadi struktur komposit

Dalam perencanaan serta perhitungan balok *precast U-Shell* ini ditinjau dalam 3 kondisi, yaitu :

- a. Kondisi Pengangkatan.
Saat pengangkatan balok diasumsikan ditumpu oleh dua perletakan sendi-rol pada titik angkatnya.
- b. Kondisi Sebelum Komposit.

Untuk kondisi sebelum komposit diasumsikan ditumpu oleh perletakan lebih dari dua sendi (sendi banyak) karena pada saat kondisi ini plat ditumpu oleh *scaffolding*.

c. Kondisi Sesudah Komposit.

Pada kondisi ini perletakan balok diasumsikan terjepit elastis pada kolom.

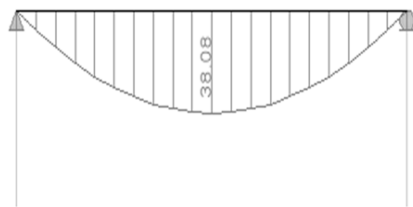
D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Analisis Momen Balok U-Shell

Dalam menganalisa struktur balok gedung *Living World* Pekanbaru, perencanaan balok di analisa dalam tahap sebelum komposit dan sesudah komposit.

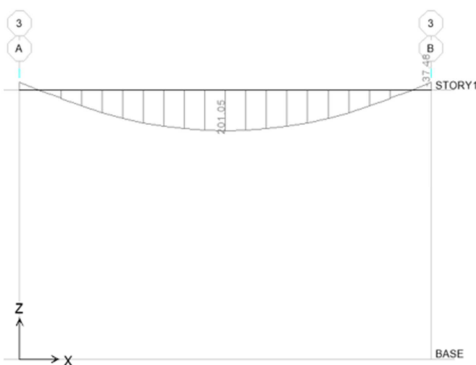
a. Analisis Terhadap Momen Balok Anak.

Hasil analisa perencanaan balok anak sebelum komposit dan sesudah komposit, dengan dimensi balok anak B11 300 x 700 mm disajikan dalam bentuk grafik dalam Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Gaya Momen Balok Anak B11 Sebelum Komposit

Berdasarkan Gambar 1 diketahui nilai momen maksimum balok anak B11 300 x 700 mm pada saat sebelum komposit dengan bentang 9,8 m sebesar 38,0779 kNm.

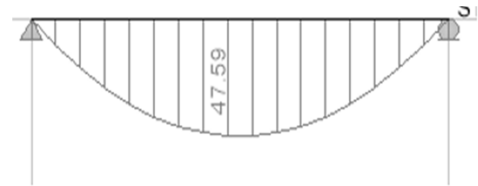


Gambar 6. Gaya Momen Balok Anak B11 Sesudah Komposit

Dalam grafik tersebut terlihat bahwa balok anak mengalami perubahan momen pada setiap kondisi, dimana terjadi perubahan momen pada saat setelah komposit momen tumpuan 37,48 kNm momen lapangan 201,05 kNm.

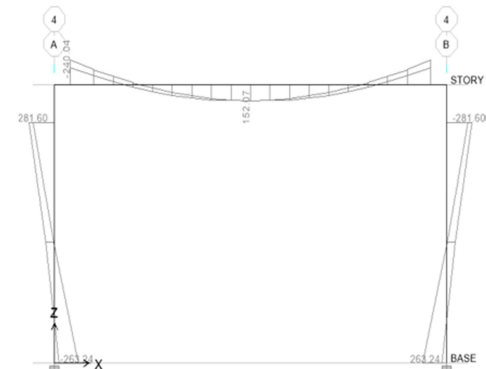
b. Analisis Terhadap Momen Balok Induk G11.

Hasil analisa perencanaan balok induk saat sebelum komposit dan sesudah komposit, dengan dimensi balok induk G11 400 x 800 mm disajikan dalam bentuk grafik dalam Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Gaya Momen Balok Induk G11 Sebelum Komposit

Berdasarkan Gambar 3 diketahui nilai momen maksimum balok anak G11 400 x 800 mm pada saat sebelum komposit dengan bentang 9,8 m sebesar 47,59 kNm

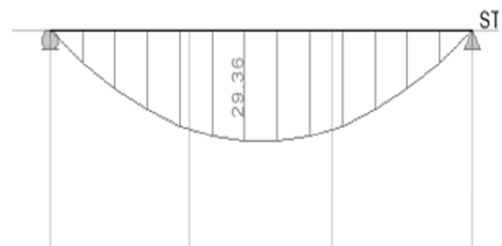


Gambar 8. Gaya Momen Balok Induk G11 Sesudah Komposit

Dalam grafik tersebut terlihat bahwa balok induk mengalami perubahan momen pada setiap kondisi, dimana terjadi perubahan momen pada saat kondisi komposit balok induk tumpuan 240,04 kNm dan lapangan 152,07 kNm.

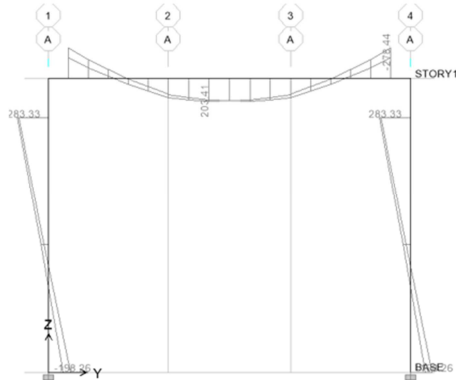
c. Analisis Terhadap Momen Balok Induk G12.

Hasil analisa perencanaan balok induk saat sebelum komposit dan sesudah komposit, dengan dimensi balok induk G12 500 x 800 mm disajikan dalam bentuk grafik dalam Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Gaya Momen Balok Induk G12 Sebelum Komposit

Berdasarkan Gambar 9 diketahui nilai momen maksimum balok anak B12 500 x 800 mm pada saat sebelum komposit dengan bentang 7,4 m sebesar 29,36 kNm.



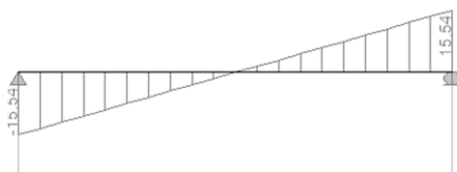
Gambar 10. Gaya Momen Balok Induk G12 Sesudah Komposit

Dalam grafik tersebut terlihat bahwa balok induk mengalami perubahan momen pada setiap kondisi, dimana terjadi perubahan momen pada saat kondisi komposit balok induk tumpuan tumpuan 278,44 kNm dan lapangan 203,41 kNm

D.2 Analisis Gaya Geser Balok U-Shell

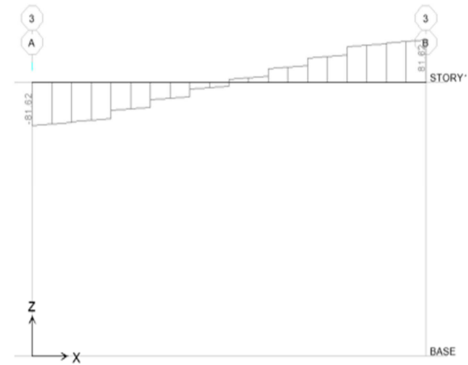
Dalam menganalisa struktur gedung terhadap geser, perencanaan balok di analisa dalam bentuk sebelum komposit dan sesudah komposit.

- Analisis Terhadap Gaya Geser Balok Anak. Hasil analisa perencanaan balok anak terhadap geser pada saat sebelum komposit dan sesudah komposit, disajikan dalam bentuk grafik dalam Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 11 Gaya Geser Balok Anak B11 Sebelum Komposit

Berdasarkan Gambar 11 diketahui geser balok anak B11 300 x 700 mm pada saat sebelum komposit dengan bentang 9,8 m sebesar 15,5420 kN.

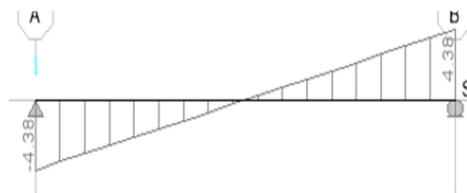


Gambar 12. Gaya Geser Balok Anak B11 Sesudah Komposit

Dalam grafik tersebut terlihat bahwa balok anak mengalami perubahan geser yang pada setiap kondisi, dimana terjadi perubahan geser pada saat sesudah komposit balok anak mempunyai gaya geser sebesar 81,62 kNm.

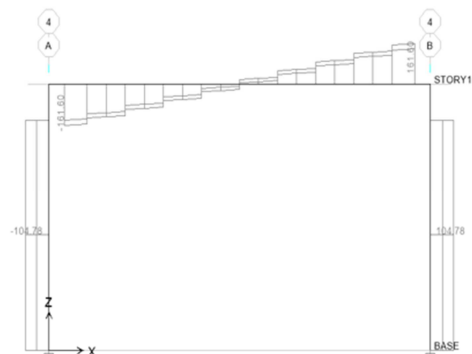
- Analisis Terhadap Gaya Geser Balok Induk G11.

Hasil analisa perencanaan balok induk terhadap perubahan perilaku gaya geser pada saat sebelum komposit dan sesudah komposit, disajikan dalam bentuk grafik dalam Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 13. Gaya Geser Balok Induk G11 Sebelum Komposit

Berdasarkan Gambar 13 diketahui geser balok anak G11 400 x 800 mm pada saat sebelum komposit dengan bentang 9,8 m sebesar 4,38 kN.

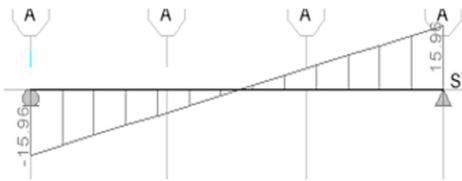


Gambar 14. Gaya Geser Balok Induk G11 Sesudah Komposit

Dalam grafik tersebut terlihat bahwa balok induk G11 mengalami perubahan gaya geser yang pada setiap kondisi, dimana terjadi perubahan geser pada saat sesudah komposit balok induk mempunyai gaya geser sebesar 161,76 kNm.

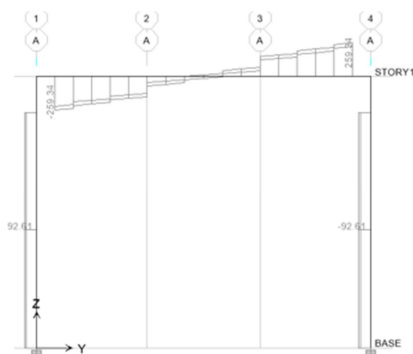
c. Analisis Terhadap Gaya Geser Balok Induk G12.

Hasil analisa perencanaan balok induk terhadap perubahan perilaku gaya geser pada saat pengangkatan, sebelum komposit dan sesudah komposit, disajikan dalam bentuk grafik dalam Gambar 15 dan Gambar 16.



Gambar 15. Gaya Geser Balok Induk G12 Sebelum Komposit

Berdasarkan Gambar 15 diketahui geser balok anak G12 500 x 800 mm pada saat sebelum komposit dengan bentang 7,4 m sebesar 15,96 kN.



Gambar 16. Gaya Geser Balok Induk G12 Sesudah Komposit

Dalam grafik tersebut terlihat bahwa balok induk G12 mengalami perubahan gaya geser yang pada setiap kondisi, dimana terjadi perubahan geser pada saat kondisi sesudah komposit 259,34 kNm.

D.3 Penulangan Pada Balok U-Shell

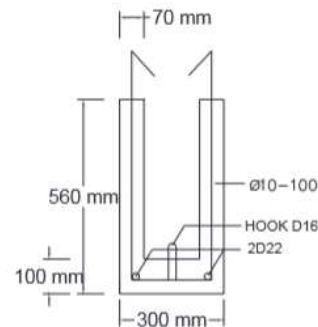
Hasil analisa perencanaan balok induk dan balok anak terhadap momen dan geser pada sebelum komposit dan sesudah komposit maka didapat tulangan sebagai berikut:

1. Balok Anak

Gambar tulangan struktur balok meliputi tulangan sebelum komposit dan tulangan

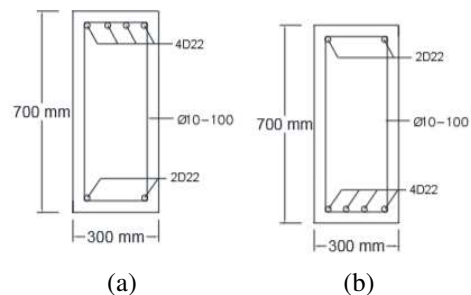
sesudah komposit. Dimensi balok anak adalah 300 x 700 mm.

a. Balok Anak Sebelum Komposit



Gambar 17. Penulangan Balok Anak Sebelum Komposit

b. Balok Anak Setelah Komposit



Gambar 18. Detail Penulangan Balok Anak Sesudah Komposit (a) Tumpuan (b) Lapangan

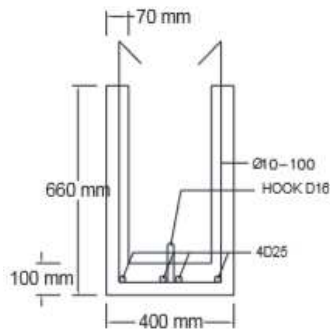
Tabel 1 Penulangan Balok Anak B11 Sebelum Komposit Dan Sesudah Komposit

Kondisi	Jenis	Tulangan Lentur	
		Tumpuan	Lapangan
Sebelum Komposit	Tarik	2D22	2D22
	Tekan	2D22	2D22
Setelah Komposit	Tarik	4D22	2D22
	Tekan	2D22	4D22

2. Balok Induk G11.

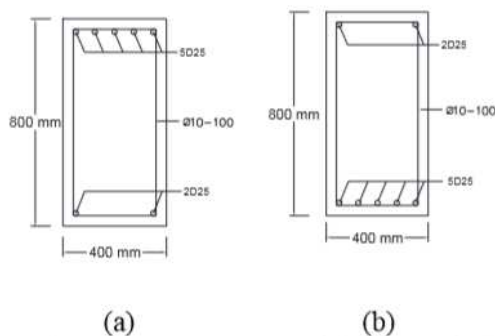
Gambar tulangan struktur balok meliputi tulangan sebelum komposit dan tulangan sesudah komposit. Dimensi balok induk G11 adalah 400 x 800 mm.

a. Balok Induk G11 Sebelum Komposit.



Gambar 19. Penulangan Balok Induk G11 Sebelum Komposit

b. Balok Induk G11 Setelah Komposit.



Gambar 20. Detail Penulangan G11 Sesudah Komposit (a) Tumpuan (b) Lapangan

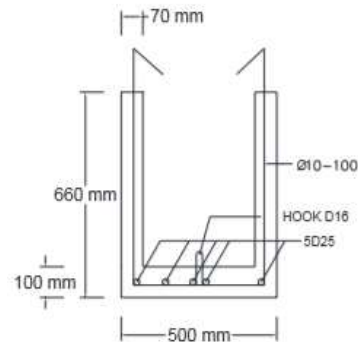
Tabel 2 Penulangan Balok Induk G11 Sebelum Komposit Dan Sesudah Komposit

Kondisi	Jenis	Tulangan Lentur	
		Tumpuan	Lapangan
Sebelum Komposit	Tarik	2D25	2D25
Setelah Komposit	Tarik	5D25	2D25
	Tekan	2D25	5D25

3. Balok Induk G12.

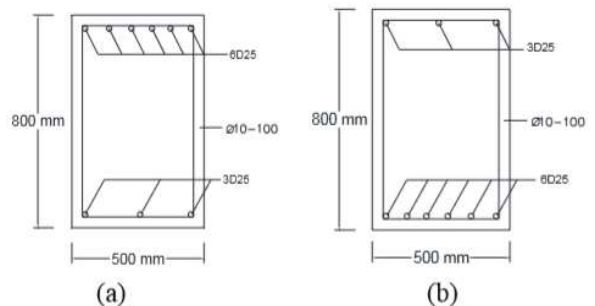
Gambar tulangan struktur balok meliputi tulangan sebelum komposit dan tulangan sesudah komposit. Dimensi balok induk G12 adalah 500 x 800 mm.

a. Balok Induk G12 Sebelum Komposit.



Gambar 21. Penulangan Balok Induk G12 Sebelum Komposit

b. Balok Induk G12 Setelah Komposit.



Gambar 22. Penulangan Balok Induk G12 Sesudah Komposit

Tabel 3 Penulangan Balok Induk G12 Sebelum Komposit Dan Sesudah Komposit

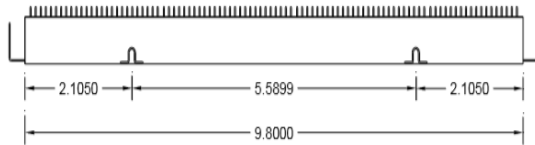
Kondisi	Jenis	Tulangan Lentur	
		Tumpuan	Lapangan
Sebelum Komposit	Tarik	3D25	3D25
Setelah Komposit	Tarik	6D25	3D25
	Tekan	3D25	6D25

D.4 Proses Pengangkatan Balok *Precast*

Balok *precast U-Shell* dibuat secara pracetak di lokasi proyek. Elemen balok harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok tersebut dari kerusakan. Pada saat pengangkatan direncanakan menggunakan 2 buah titik angkat dengan tulangan angkat D16. Pengangkatan balok pracetak terjadi pada saat kondisi sebelum komposit, tulangan angkat balok dapat dilihat sebagai berikut :

a. Balok Anak

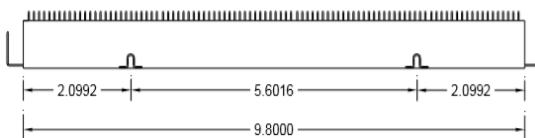
Jarak antar Hook pada tulang angkat balok anak dapat dilihat pada Gambar 5.27 dimana bentang balok anak 9,8 dengan dimensi 300 x 700 mm didapat jarak $L_x = 2,1050$ m dan $L = 5,5899$ m



Gambar 23. Pengangkatan Balok Anak B11 Pracetak

b. Balok Induk G11.

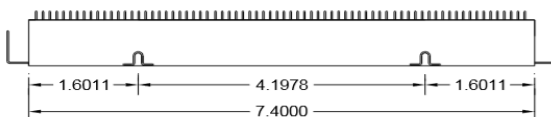
Jarak antar Hook pada tulang angkat balok induk G11 dapat dilihat pada Gambar 5.28 dimana bentang balok induk 9,8 dengan dimensi 400 x 800 mm didapat jarak $L_x = 2,0092$ m dan $L = 5,6016$ m



Gambar 24. Pengangkatan Balok Induk G11 Pracetak

c. Balok Induk G12.

Jarak antar Hook pada tulang angkat balok induk G12 dapat dilihat pada Gambar 5.29 dimana bentang balok induk 7,4 dengan dimensi 500 x 800 mm didapat jarak $L_x = 1,6011$ m dan $L = 4,1978$ m



Gambar 25. Pengangkatan Balok Induk G12 Pracetak

sendiri dan beban lainya seperti pelat dan beban tambahan.

F. SARAN

1. Untuk penelitian lebih lanjut sebaiknya dapat dilengkapi dengan analisa hubungan balok-kolom.
2. Seiring dengan perkembangan pembangunan yang semakin meningkat alangkah baiknya apabila bangunan di Indonesia ini menggunakan pracetak.

G. DAFTAR PUSTAKA

- [1] 2004. *PCI Design Handbook 6th Edition*. Prestressed/Precast Concrete Institute.
- [2] ACI 318-05. *Building Code Requitments For Structural Concrete*.
- [3] Abduh. 2007. *Teknologi Kontruksi Struktur Beton*. Erlangga. Jakarta
- [4] Astawa, Dharma Made. 2012. *Modifikasi Perencanaan Struktur Pelat Dan Balok Dengan Beton Pracetak Gedung Pasca Sarjana UPN VETERAN Jawa Timur*.
- [5] Badan Standar Nasional. 2012. *Standar Perencanaan Ketahana Gempa Untuk Struktur Bagunan Gedung Dan Non Gedung*. SNI 1726-2012. Jakarta
- [6] Badan Standar Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural*. SNI 2847-2013. Jakarta
- [7] Badan Standar Nasional. 2013. *Standar Pembebana Minimum*. SNI 1727-2013. Jakarta
- [8] Damar Ferry Son dan Herman. 2008. *Perencanaan Struktur Hotel Ibis Semarang Dengan Menggunakan Metode Konstruksi Semi Pracetak*. Universitas Diponegoro Semarang

E. KESIMPULAN

Kesimpulan hasil penelitian balok pracetak didapatkan kesimpulan bahwa perubahan perilaku struktur terjadi dikarenakan adanya perubahan momen yang terjadi disetiap kondisi, saat pengangkatan, sebelum komposit dan sesudah komposit. Terjadinya perubahan momen pada sebelum komposit dengan sesudah komposit dikarenakan pada saat sebelum komposit balok masih menerima beratnya sendiri, sedangkan untuk kondisi sesudah komposit perubahan momen terjadinya karena balok sudah menerima bebanya