

## Perencanaan Sambungan Beton Pracetak Menggunakan Kombinasi Sambungan Kering dan Basah

Dwi Oktavianto<sup>1</sup>

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya (Teknik Sipil, Fakultas Teknik)

E-mail: [dwi.oktavianto4@gmail.com](mailto:dwi.oktavianto4@gmail.com)

Nurul Rochmah<sup>2</sup>

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya (Teknik Sipil, Fakultas Teknik)

E-mail: [nurulita889@gmail.com](mailto:nurulita889@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan sambungan beton pracetak dari perencanaan struktur gedung Kantor Otoritas Jasa Keuangan Kawasan Regional 4 Jawa Timur yang semula direncanakan menggunakan beton konvensional kemudian dilakukan perencanaan menggunakan beton pracetak. Penggunaan beton pracetak didasarkan pada keunggulan dalam aspek ekonomi, efisien, kecepatan dalam pelaksanaan dan konsumsi energi yang berdampak terhadap lingkungan. Struktur beton pracetak direncanakan dengan anggapan bahwa struktur bersifat monolit yang dicor in situ. Antar elemen pracetak memerlukan sambungan yang berfungsi menyalurkan gaya yang terjadi. Sambungan antar elemen beton pracetak direncanakan menurut SNI 2847:2019. Berdasarkan hasil analisis dan perencanaan, digunakan kombinasi sambungan kering dan basah yang bertujuan untuk menghasilkan struktur yang monolit. Sambungan antara kolom dengan kolom menggunakan 4 buah PEC® Column Shoe, balok induk dengan balok anak disambungkan menggunakan kombinasi korbil, 2 buah BECO® Beam Shoe pada bagian bawah balok induk dan Rebar Coupler yang menyambungkan tulangan atas balok induk. Sambungan antara balok anak dengan balok induk menggunakan 2 buah BECO® Beam Shoe pada bagian bawah balok anak, bagian atas menggunakan tulangan penyaluran. Sambungan pelat dengan balok menggunakan tulangan penyaluran pada bagian atas dan bawah pelat.

**Kata kunci:** Sambungan Beton Pracetak, Beton Pracetak, Sambungan Basah, Sambungan Kering

### Abstract

This study aims to plan precast connections from the structural planning of the Regional Financial Services Authority Office 4 East Java which is planned to use conventional concrete and then plans to use precast concrete. The use of precast concrete is based on advantages in terms of economy, efficiency, speed of implementation, and energy consumption that have an impact on the environment. Precast concrete structure is designed with the assumption that the structure is a monolith cast in situ. Between precast elements require joints that carry the resulting force. Connections between precast concrete elements are planned according to SNI 2847:2019. Based on the results of the analysis and planning, a combination of dry and wet joints is used which aims to produce a monolithic structure. The connection between the column and the column uses 4 PEC® Column Shoe, the main beam and sub-beam are connected using a corbel combination, 2 BECO® Beam Shoe at the bottom of the main beam, and a Rebar Coupler that connects

*the top reinforcement of the main beam. The connection between the beams and the main beam uses 2 BECO® Beam Shoes at the bottom of the beams and distribution reinforcement at the top of the beams. The connection of the slab to the beam uses joint reinforcement at the top and bottom of the slab.*

**Keywords:** Precast Connection, Precast Concrete, Wet Connection, Dry Connection

## 1. PENDAHULUAN

Tujuan pembangunan adalah untuk meningkatkan fasilitas infrastruktur dan perekonomian. Pada tahap konstruksi, pengendalian dilakukan untuk mencapai penyelesaian pembangunan dengan tepat mutu, waktu dan biaya, tetapi seringkali mengesampingkan permasalahan lingkungan yang mungkin dapat ditimbulkan sebagai dampak dari pembangunan. Aktivitas intens di area konstruksi (karena dikerjakan secara konvensional) menghasilkan ketidakrapian, debu, polusi udara, gangguan lalu lintas dan ketidaknyamanan lainnya, hal ini menimbulkan gangguan bagi orang – orang disekitar area pembangunan, gangguan lalu lintas yang dihasilkan menimbulkan kejengkelan pengendara yang melalui daerah tersebut, serta membutuhkan konsumsi energi yang lebih besar dan menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK). Hampir 50% dari semua emisi GRK dihasilkan oleh bangunan dan konstruksinya dalam hal energi yang digunakan dalam produksi bahan, transportasi bahan dari pabrik produksi ke lokasi konstruksi, serta energi dikonsumsi dalam tahap operasional [1].

Banyak upaya telah dilakukan untuk mengurangi emisi karbon untuk mencapai tujuan jangka panjang pembangunan berkelanjutan, termasuk inovasi proses dan teknologi [2]. Beton pracetak didefinisikan sebagai proses pengangkutan beton yang diproduksi ditempat lain ke lokasi konstruksi dan merakitnya dengan benar [3]. Karena kemudahan dalam manajemen proses dan kemampuan konstruksi yang hebat, metode pracetak dianggap sebagai masa depan konstruksi karena memperpendek masa konstruksi, peningkatan kualitas, penurunan kecelakaan, dan pilihan beton ramah lingkungan yang disediakan untuk industri konstruksi [4].

Dalam perencanaan struktur, struktur beton pracetak biasanya mengikuti pendekatan yang mengasumsikan struktur bersifat monolit menggunakan beton dengan pengecoran ditempat. Pendekatan ini dikenal sebagai pendekatan desain emulasi. Dengan pendekatan ini, perencanaan sistem struktur untuk struktur beton pracetak dapat direncanakan dengan menggunakan aturan struktur beton konvensional [5]. Sambungan setiap elemen pracetak merupakan bagian yang sangat penting dalam mentransfer gaya – gaya yang terjadi antar elemen pracetak yang dirangkai menjadi satu kesatuan. Jika tidak direncanakan dengan baik, maka sambungan dapat mengubah aliran gaya sehingga dapat mengubah hirarki keruntuhan yang ingin dicapai dengan konsep *strong column-weak beam* (SCWB) yang akhirnya dapat mengakibatkan keruntuhan dini pada struktur.

Perencanaan gedung Kantor Otoritas Jasa Keuangan (OJK) Kawasan Regional 4 Jawa Timur yang direncanakan menggunakan metode beton konvensional, untuk mendukung ekonomi hijau yang ramah lingkungan kemudian dilakukan perencanaan menggunakan metode beton pracetak. Berdasarkan kondisi tersebut perlu dilakukan perencanaan desain sambungan antar elemen pracetak.

---

### 1.1 Beton Pracetak

Beton pracetak didefinisikan sebagai proses pengangkutan beton yang diproduksi ditempat lain ke lokasi konstruksi dan merakitnya dengan benar [3], sedangkan berdasarkan SNI 2847:2019, beton pracetak didefinisikan sebagai elemen struktur yang diproduksi ditempat lain, tidak pada posisi akhirnya dalam struktur. Berdasarkan definisi diatas, prinsip metode beton pracetak memiliki kesamaan dengan beton konvensional tetapi yang membedakan adalah metode fabrikasinya.

### 1.2 Pemilihan Beton Pracetak

Pemilihan penggunaan beton pracetak didasarkan pada aspek ekonomi, efisien dan kecepatan dalam pelaksanaannya. Metode beton yang paling umum digunakan untuk pembangunan gedung bertingkat di Surabaya adalah metode beton pracetak (64,9%). Sedangkan dengan metode beton tradisional, nilai persentasenya adalah 35,1%, yang ditentukan berdasarkan kriteria keselamatan pekerja, kekuatan struktur, kualitas kerja, biaya tenaga kerja, waktu pelaksanaan, jadwal kerja, kapasitas kontraktor, bentuk bangunan, keindahan bangunan, dan perubahan cuaca [6].

Ditengah perubahan iklim dan pemanasan global, bangunan mengkonsumsi 36% energi yang dihasilkan, dan bertanggung jawab atas 39% emisi karbon global, menjadikannya sektor penyumbang terbesar perubahan iklim [7]. Dimana hampir 50% dari semua emisi GRK dihasilkan oleh bangunan dan konstruksinya dalam hal energi yang digunakan dalam produksi bahan, transportasi bahan dari pabrik produksi ke lokasi konstruksi, serta energi dikonsumsi dalam tahap operasional [1]. Metode beton pracetak dinilai mampu mengurangi konsumsi energi dengan minimnya aktivitas di area proyek. Pada rantai produksi beton pracetak, aktivitas paling banyak dilakukan pada pabrik beton pracetak, tetapi konsumsi energi yang tercentralisasi dipabrik mudah dikontrol dengan mengurangi banyak kegiatan yang tidak menambah nilai proses produksi dan menerapkan *Lean manufacturing* [8].

Maka pemilihan penggunaan beton pracetak tidak hanya berdasarkan aspek ekonomi, efisien dan kecepatan dalam pelaksanaannya saja tetapi juga dampak terhadap lingkungan. Namun metode beton pracetak akan memiliki tingkat efektivitas dan efisiensi yang tinggi jika penerapannya diaplikasikan pada pekerjaan yang bersifat massal dan berulang.

### 1.3 Jenis Sambungan

Jenis sambungan untuk elemen beton pracetak dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu sambungan kering (*dry connection*) dan sambungan basah (*wet connection*) [9]. (1) Sambungan tipe kering adalah sambungan yang menggunakan alat sambungan berbentuk pelat besi sebagai penyambung dan mengelas atau memasang bautnya. (2) Sambungan basah adalah sambungan dengan tulangan beton pracetak yang dipasang lebih panjang sehingga keluar dari beton pracetak, kemudian disambung dengan tulangan dari beton pracetak lain dengan cara pengecoran ditempat.

---

### 1.4 Perbandingan Metode Sambungan

Sambungan kering dan basah dalam penggunaannya memiliki keunggulannya masing – masing. Perbandingan metode sambungan kering dan basah menurut Ervianto [10]. (1) Sambungan kering (*dry connection*) menghasilkan struktur yang tidak monolit dan dianggap memiliki toleransi dimensi yang ketat, yang membutuhkan akurasi tinggi dalam proses pembuatan dan pemasangan, tetapi waktu pemasangan 25% hingga 40% lebih cepat daripada sambungan basah. (2) Sambungan basah (*wet connection*) memiliki struktur yang monolit dengan toleransi dimensi yang besar, namun membutuhkan waktu karena membutuhkan waktu untuk mengeringkan beton.

### 1.5 Tulangan Penyaluran

Beton pracetak yang direncanakan menggunakan *half precast* atau pracetak sebagian pada bagian atas akan dilakukan pengecoran secara *in situ* maka perencanaan sambungan bagian atas dapat memanfaatkan tulangan penyaluran seperti sambungan pada beton konvensional. Perhitungan panjang tulangan penyaluran mengacu pada SNI 2847:2019 Pasal 25.4 sebagai berikut:

1. Panjang penyaluran batang ulir,  $l_d$ , dalam kondisi tarik diambil nilai terbesar dari (SNI 2847:2019 Pasal 25.4.2.1):

$$l_{d maks1} = 300mm \dots\dots\dots(2.1)$$

$$l_{d mak} = \left( \frac{f_y x \Psi_t x \Psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana  $d_b$  adalah diameter tulangan (mm),  $\Psi_t$  adalah faktor modifikasi posisi pengecoran  $\Psi_t = 1,0$ ,  $\Psi_e$  adalah faktor modifikasi epoksi untuk tulangan tanpa pelapis (galvanis)  $\Psi_e = 1,0$  dan  $\lambda$  adalah faktor modifikasi beton ringan, untuk beton normal  $\lambda = 1,0$ .

2. Panjang penyaluran batang ulir,  $l_{dc}$ , dalam kondisi tekan digunakan nilai yang terbesar dari (SNI 2847:2019 Pasal 25.4.9.2):

$$l_{dc maks1} = 200mm \dots\dots\dots(2.3)$$

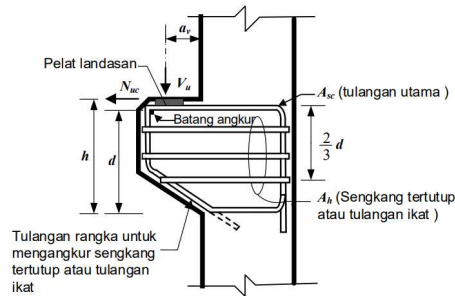
$$l_{dc maks2} = \left( \frac{0,24 f_y \Psi_r}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b \dots\dots\dots(2.4)$$

$$l_{dc maks3} = 0,043 f_y \Psi_r d_b \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana  $d_b$  adalah diameter tulangan (mm),  $\Psi_r$  adalah faktor tulangan pengekang,  $\Psi_r = 1,0$  dan  $\lambda$  adalah faktor modifikasi beton ringan, untuk beton normal  $\lambda = 1,0$ .

### 1.6 Konsol Pendek

Konsol pendek (*corbel*) adalah sebuah kantilever pendek yang bertindak sebagai rangka sederhana atau gelagar tinggi daripada gelagar biasa yang dirancang untuk geser [11]. Perencanaan konsol pendek sesuai SNI 2847:2019 harus memenuhi rasio bentang terhadap tinggi  $a_v/d \leq 1,0$ , dengan gaya tarik horisontal terfaktor  $N_{uc} \leq V_u$ . Kebutuhan tulangan dan pelat landasan konsol pendek dihitung mengacu pada SNI 2847:2019 Pasal 16.5.



**Gambar 1.** Penampang Konsol Pendek  
(Sumber : SNI 2847:2019 Gambar R16.5.1b)

1. Area tulangan tarik utama,  $A_{sc}$  diambil nilai terbesar dari (SNI 2847:2019 Pasal 16.5.5.1):

$$A_{sc1} = A_f + A_n \dots\dots\dots(2.6)$$

$$A_{sc2} = (2/3)A_{vf} + A_n \dots\dots\dots(2.7)$$

$$A_{sc2} = 0,04 (f'c / fy)(b_w d) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana  $A_f$  adalah luas tulangan dalam korbel yang menahan momen desain terfaktor ( $\text{mm}^2$ ),  $A_n$  adalah luas tulangan dalam korbel yang menahan gaya tarik,  $N_{uc}$  ( $\text{mm}^2$ ) dan  $A_{vf}$  adalah luas tulangan geser friksi ( $\text{mm}^2$ )

2. Luas sengkang,  $A_h$  (SNI 2847:2019 Pasal 16.5.5.2):

$$A_h = 0,5 (A_{sc} - A_n) \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana  $A_{sc}$  adalah luas tulangan tarik utama dalam korbel ( $\text{mm}^2$ ),  $A_n$  adalah luas tulangan dalam korbel yang menahan gaya tarik,  $N_{uc}$

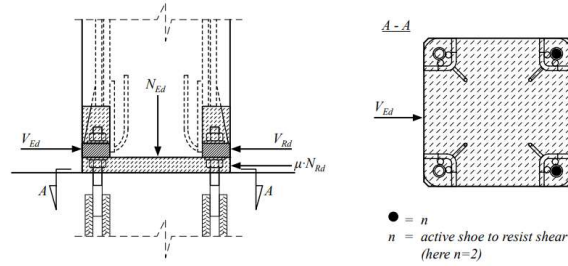
3. Luas pelat landasan,  $Al$ :

$$Al = V_u / (\phi 0,85 f'c) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana  $Al$  adalah luas pelat landasan ( $\text{mm}^2$ )

### 1.7 Sepatu Kolom (*Column Shoe*)

*PEC® Column Shoe* dari PEIKKO GROUP merupakan alat penyambung berupa sepatu kolom yang digunakan untuk menyambungkan antara kolom beton pracetak dengan pondasi atau antar kolom beton pracetak. Pada penggunaannya *PEC® Column Shoe* dicor pada kolom beton pracetak, didirikan pada angkur kekuatan tinggi yang dicor pada pondasi atau kolom yang lain dengan penyesuaian tingkat dan vertikal yang benar kemudian dihubungkan dengan mur yang dikencangkan. Celah sambungan antara kolom beton pracetak dengan pondasi atau antar kolom beton pracetak kemudian di *grouting*. Setelah *grouting* mencapai kekuatan yang direncanakan, sambungan bertindak sebagai sambungan yang monolit. Kebutuhan jumlah dan tipe *PEC® Column Shoe* dihitung berdasarkan ketahanan geser sistem *PEC® Column Shoe* menurut petunjuk teknis *PEC® Column Shoe* versi PEIKKO GROUP 09/2018.



**Gambar 2.** Konfigurasi Sepatu Kolom

(Sumber : Petunjuk Teknis *PEC® Column Shoe* PEIKKO GROUP Versi 09/2018)

**Tabel 1.** Nilai Desain Ketahanan Geser  $V_{RD}$  Masing – Masing Tipe *Column Shoe*

	PEC 30	PEC 36	PEC 39	PEC 45	PEC 52
$V_{RD}$ kN	89	130	155	207	219

Sumber : Petunjuk Teknis *Column Shoe Peikko Group* Versi 09/2018

$$V'_{ED} \leq V_{RD} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$V'_{ED} = \frac{V_{ED} - \mu N_{ED}}{n} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana  $V_{RD}$  adalah nilai desain ketahanan geser *PEC® Column Shoe* (kN),  $V_{ED}$  adalah tegangan geser ultimit di daerah koneksi kolom (kN),  $N_{ED}$  adalah gaya tekan aksial di daerah koneksi kolom (kN),  $\mu$  adalah koefisien gesekan antara pelat dasar dan grouting,  $\mu = 0,20$  dan  $n$  adalah jumlah masing-masing *Column Shoe* aktif yang menahan gaya geser, lihat gambar 2.

**1.8 Sepatu Balok (*Beam Shoe*)**

*BECO® Beam Shoe* dari PEIKKO GROUP merupakan alat penyambung berupa sepatu balok yang digunakan untuk menyambungkan antara kolom beton pracetak dengan balok beton pracetak. Pada penggunaannya *BECO® Beam Shoe* dipasang pada balok beton pracetak di cor menjadi satu kesatuan yang monolit, kemudian diletakkan diatas konsol pendek, *BECO® Beam Shoe* dihubungkan pada angkur yang telah dipasang pada kolom beton pracetak menggunakan mur yang dikencangkan. Celah sambungan antara kolom beton pracetak dengan balok beton pracetak harus di *grouting* sebagai penguat struktur. Kebutuhan jumlah dan tipe *BECO® Beam Shoe* dihitung berdasarkan ketahanan tarik sistem *BECO® Beam Shoe* menurut petunjuk teknis *BECO® Beam Shoe* versi PEIKKO GROUP 03/2019.

$$N_{ED} \leq N_{RD} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana  $N_{RD}$  adalah nilai desain ketahanan tarik *BECO® Beam Shoe* (kN),  $N_{ED}$  adalah tegangan tarik ultimit di daerah koneksi balok (per satu sepatu balok) (kN).

**1.9 Angkur (*Anchoring Coupler*)**

Pada pengaplikasian sistem *PEC® Column Shoe* dan *BECO® Beam Shoe* digunakan angkur *COPRA® Anchoring Coupler* dari PEIKKO GROUP yang merupakan angkur dengan tulangan ulir betina dengan batang berulir yang dapat dilepas untuk

menghindari risiko kerusakan selama konstruksi. *COPRA® Anchoring Coupler* berfungsi mentransfer gaya tarik, kompresi dan geser melalui sambungan.

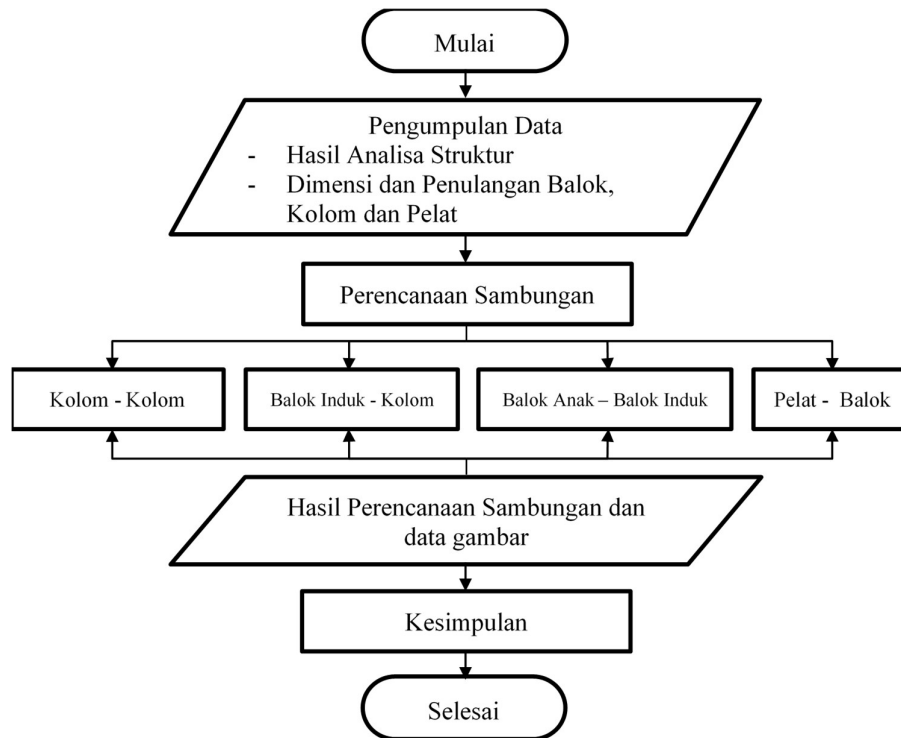
**Tabel 2.** Nilai Desain Ketahanan Tarik  $N_{RD}$  Masing – Masing Tipe *BECO® Beam Shoe* dan *COPRA® Anchoring Coupler*

<i>Beam Shoe</i>	<b>BECO 16H</b>	<b>BECO 20H</b>	<b>BECO 24H</b>	<b>BECO 30H</b>	<b>BECO 39H</b>
<i>Anchoring Coupler</i>	COPRA 16H	COPRA 20H	COPRA 24H	COPRA 30H	COPRA 39H
$N_{RD}$ (kN)	62	96	139	220	383

<i>Beam Shoe</i>	<b>BECO 30P</b>	<b>BECO 36P</b>	<b>BECO 39P</b>	<b>BECO 45P</b>	<b>BECO 52P</b>
<i>Anchoring Coupler</i>	COPRA 30P	COPRA 36P	COPRA 39P	COPRA 45P	COPRA 52P
$N_{RD}$ (kN)	299	436	521	697	938

Sumber : Petunjuk Teknis *BECO® Beam Shoe* PEIKKO GROUP Versi 03/2019 dan PEIKKO GROUP Versi 05/2022

## 2. METODE PENELITIAN



**Gambar 3.** Bagan Alir Penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Data Umum

1. Nama gedung : Kantor Otoritas Jasa Keuangan Kawasan Regional 4
2. Lokasi : Jl. Gubernur Suryo No.28-30, Surabaya

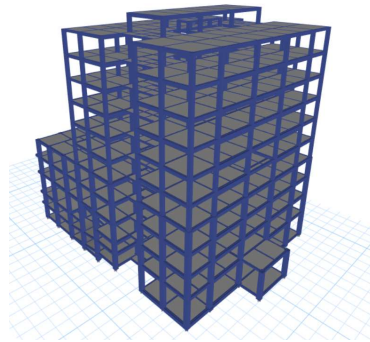
3. Fungsi : Kantor
4. Jumlah lantai : 10
5. Tinggi bangunan : 42m
6. Luas persil : 3.245 m<sup>2</sup>
7. Luas bangunan : ±12.000 m<sup>2</sup>
8. Struktur utama : Beton bertulang pracetak

### 3.2 Speaifikasi Bahan

1. Mutu beton:
  - Tiang Pancang :  $f'_c = 52$  MPa
  - Pilecap & Tie-Beam:  $f'_c = 30$  MPa
  - Balok & Pelat :  $f'_c = 30$  Mpa
  - Kolom :  $f'_c = 35$  Mpa
2. Mutu baja tulangan:
  - Tegangan leleh baja ( $f_y$ ) : BJTS-420B,  $f_y = 420$  MPa

### 3.3 Hasil Analisa Struktur

Desain seismik yang termasuk dalam kategori risiko IV, Struktur Gedung Kantor Otoritas Jasa Keuangan (OJK) Regional 4 Jawa Timur sebagai desain seismik kategori D. Didesain menggunakan sistem struktur penahan beban lateral yang memenuhi persyaratan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

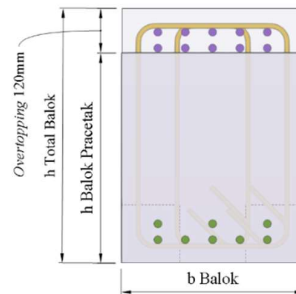


**Gambar 4.** Pemodelan Dalam Analisa Struktur Gedung

### 3.4 Balok

Balok menggunakan balok lapis beton / *half precast* yaitu balok yang dibuat dengan dua tahap pengecoran, balok bagian bawah / balok pracetak diproduksi di pabrik kemudian bagian atas dilakukan pengecoran *in situ* dengan ketebalan 120mm. Dengan kedua bagian tersebut diharapkan terjadi aksi komposit sehingga mempunyai kemampuan layan seperti pada balok konvensional.





Gambar 5. Penampang Balok *Half Precast*

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk

Tipe Balok Induk	Dimensi Pracetak		Overtopping	Tul. Pakai							
	b	h	h	Tul. Lentur Tekan Tump.	Tul. Lentur Tarik Tump.	Tul. Lentur Tekan Lap.	Tul. Lentur Tarik Lap.	Tul. Geser Tump.	Tul. Geser Lap.	Tul. Torsi Lap.	Tul. Torsi Tump.
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
G2A3A	250	230	120	4D19	4D19	5D19	3D19	D10-100	D10-100	2D16	2D16
G34	300	280	120	7D19	4D19	8D19	4D19	D10-100	D10-150	2D16	2D16
G34A	300	330	120	9D19	6D19	7D19	6D19	3D10-100	3D10-200	2D16	2D16
G3A5	350	380	120	8D22	5D22	6D22	7D22	D13-100	D13-200	2D19	2D19
G46	400	480	120	9D22	7D22	8D22	6D22	D13-100	D13-200	2D19	2D19
G57	500	580	120	10D22	8D22	9D22	10D22	3D13-100	3D13-200	4D19	4D19
G69	600	780	120	11D22	11D22	12D22	11D22	3D13-100	3D13-200	6D19	6D19

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Balok Anak

Tipe Balok Anak	Dimensi Pracetak		Overtopping	Tul. Pakai				Tul. Pakai	
	b	h	h	Tul. Lentur Tekan Tump.	Tul. Lentur Tarik Tump.	Tul. Lentur Tekan Lap.	Tul. Lentur Tarik Lap.	Tul. Geser Tump.	Tul. Geser Lap.
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
B2A3	250	180	120	4D16	4D16	4D16	4D16	D10-100	D10-200
B2A3A	250	230	120	6D16	2D16	5D16	3D16	D10-100	D10-200
B34	300	280	120	7D19	3D19	7D19	6D19	D10-100	D10-150
B3A5	350	380	120	6D19	6D19	6D19	5D19	D10-75	D10-150

### 3.5 Kolom

Kolom menggunakan kolom pracetak penuh dimana seluruh bagian kolom diproduksi di pabrik. Penggunaan kolom pracetak penuh bertujuan untuk memudahkan pemasangan.

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Kolom

Tipe Kolom	Dimensi		Tul. Utama	Tul. Geser	
	b	h	Tumpuan	Lapangan	
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
K1	800	800	24D25	4D13-75	2D13-150
K1-A	600	600	12 D25	4D13-100	2D13-150
K2	450	600	16 D25	4D13-100	2D13-150

### 3.6 Pelat

Pelat menggunakan *half slab* yaitu pelat yang dibuat dengan dua tahap pengecoran. Pelat bagian bawah / pelat pracetak diproduksi di pabrik kemudian bagian

atas dilakukan pengecoran *in situ* dengan ketebalan 50mm. Dengan kedua bagian tersebut diharapkan terjadi aksi komposit sehingga mempunyai kemampuan layan seperti pada pelat konvensional.

**Tabel 6.** Rekapitulasi Perhitungan Pelat

Tipe Pelat	Tulangan Pakai		Stud
	Tulangan Utama (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	
S1 ( <i>Slab On Ground</i> )	D10-100	D10-200	-
S2	D10-120	D10-240	D10-600
S3	D10-120	D10-240	D10-600

### 3.7 Sambungan Kolom – Kolom

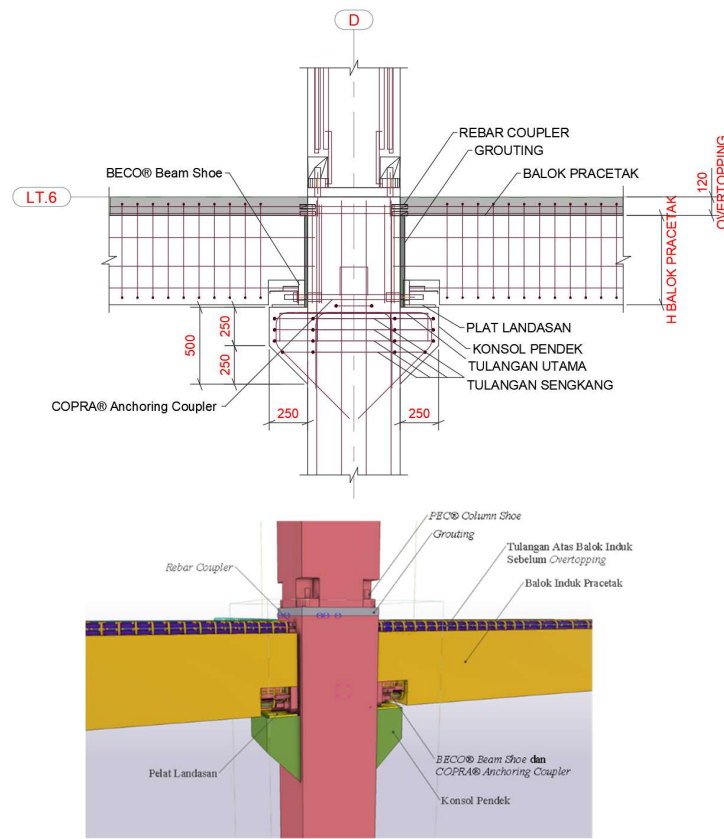
Sambungan antar kolom menggunakan 4 buah *PEC® Column Shoe* tipe PEC 39 dengan ketahanan geser 155 kN,  $V'_{ED} = 188,03 \text{ kN} \leq V_{RD} = 155 \text{ kN}$ , yang dicor pada bagian bawah kolom kemudian dihubungkan dengan angkur berkekuatan tinggi yang merupakan satu kesatuan sistem yang dicor pada pondasi atau bagian atas kolom yang lain menggunakan mur yang dikencangkan.

### 3.8 Sambungan Balok Induk – Kolom

Sambungan antara balok induk dengan kolom menggunakan kombinasi konsol pendek, sepatu balok dengan angkur sebagai alat penyambung pada bagian bawah balok dan *rebar coupler* dengan angkur sebagai alat penyambung pada bagian atas balok. Sepatu balok sebagai penghubung bagian bawah balok dengan kolom dihubungkan dengan angkur yang telah ditanam pada kolom kemudian dibaut. Bagian atas balok dihubungkan dengan *rebar coupler* antara tulangan balok yang dicor ditempat dengan angkur. (1) Konsol pendek direncanakan menurut SNI 2847:2019 Pasal 16.5, didapatkan tinggi konsol pendek adalah 500mm, tulangan utama 6D25, tulangan sengkang 4D19 dan pelat landasan  $200\text{mm}^2 \times 300\text{mm}^2$ , dengan tebal 15mm. (2) Sepatu balok menggunakan 2 buah *BECO® Beam Shoe* pada bagian bawah balok induk yang dihubungkan dengan angkur *COPRA® Anchoring Coupler* yang dicor pada kolom menggunakan mur yang dikencangkan. Pemilihan tipe *COPRA® Anchoring Coupler* dan *BECO® Beam Shoe* berdasarkan perhitungan kuat tarik yang terjadi pada masing – masing angkur kemudian dipilih tipe *COPRA® Anchoring Coupler* dan *BECO® Beam Shoe* dengan ketahanan tarik sama dengan atau melebihi kuat tarik yang diperlukan,  $N_{ED} \leq N_{RD}$ .

**Tabel 7.** Sambungan Balok Induk - Kolom

Tipe Balok	Dimensi (mm)	$N_{ED}$ (kN)	$N_{RD}$ (kN)	<i>Anchoring Coupler</i>	<i>Beam Shoe</i>
G2A3A	250/350	107,933	139	COPRA 24H	BECO 24H
G34	300/400	162,3924	220	COPRA 30H	BECO 30H
G34A	300/450	224,4824	383	COPRA 39H	BECO 39H
G3A5	350/500	249,9936	299	COPRA 30P	BECO 30P
G46	400/600	276,6059	299	COPRA 30P	BECO 30P
G57	500/700	349,1734	436	COPRA 36P	BECO 36P
G69	600/900	394,5901	436	COPRA 36P	BECO 36P



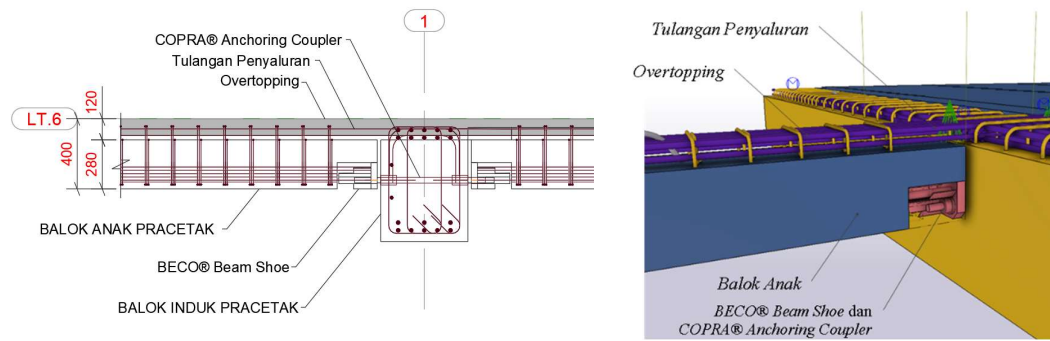
Gambar 6. Sambungan Kolom - Kolom dan Balok Induk – Kolom

### 3.9 Sambungan Balok Anak – Balok Induk

Sambungan antara balok anak dengan balok induk terdiri dari kombinasi sepatu balok yang menghubungkan bagian bawah balok induk dengan balok anak dan tulangan dengan panjang penyaluran tanpa kait yang menghubungkan balok bagian atas. (1) Bagian atas balok anak yang diasumsikan menerima tekan menggunakan sambungan dengan tulangan penyaluran tanpa kait dalam kondisi tekan yang dihitung mengacu pada SNI 2847:2019 pasal 25.4.9.2. Didapatkan kebutuhan panjang tulangan penyaluran dalam kondisi tekan,  $l_{dc} = 350\text{mm}$ . Panjang tulangan penyaluran didesain tanpa kait maka kebutuhan panjang tulangan penyaluran tersebut dikalikan 2,5 kali,  $l_{dc} = 2,5 \times 350\text{mm} = 875\text{ mm}$ . (2) Sepatu balok direncanakan menggunakan 2 buah *BECO® Beam Shoe* pada bagian bawah balok anak yang dihubungkan dengan angkur *COPRA® Anchoring Coupler* yang dicor pada balok induk menggunakan mur yang dikencangkan.

Tabel 8. Sambungan Balok Anak - Balok Induk

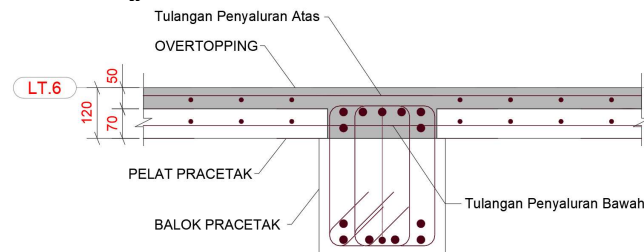
Tipe Balok	Dimensi (mm)	$N_{ED}$ (kN)	$N_{RD}$ (kN)	Anchoring Coupler	Beam Shoe
B2A3	250/300	73,85182	96	COPRA 20H	BECO 20H
B2A3A	250/350	89,96817	96	COPRA 20H	BECO 20H
B3A5	350/500	193,567	220	COPRA 30H	BECO 30H
B34	300/400	153,9586	220	COPRA 30H	BECO 30H



Gambar 7. Sambungan Balok Induk - Balok Anak

### 3.10 Sambungan Pelat – Balok

Sambungan antara pelat dengan balok menggunakan tulangan penyaluran pelat bagian atas dalam kondisi tekan dan bagian bawah dalam kondisi tarik. (1) Pelat bagian bawah adalah pelat pracetak *half slab*, tulangan penyalurannya merupakan tulangan pelat pracetak yang dibuat keluar dari pelat pracetak dengan panjang dihitung berdasarkan panjang tulangan penyaluran tanpa kait dalam tarik SNI 2847:2019 Pasal 25.4.2.1.  $l_{dc} = 250$  mm. (2) Pelat bagian atas yang akan dicor *in situ* dihubungkan dengan tulangan penyaluran dengan panjang penyaluran tanpa kait dalam kondisi tekan mengacu pada SNI 2847:2019 pasal 25.4.9.2.  $l_d = 400$  mm.



Gambar 8. Sambungan Pelat - Balok Anak

## 4. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini antara lain sebagai berikut: (1) Balok menggunakan balok *half precast* dengan ketebalan *overtopping* 120mm, (2) Kolom menggunakan kolom pracetak penuh, (3) Pelat menggunakan *half slab* dengan ketebalan *overtopping* 50mm. (4) Sambungan antara kolom dengan kolom menggunakan *PEC® Column Shoe*. (5) Sambungan antara balok induk dengan kolom menggunakan kombinasi konsol pendek, 2 buah *BECO® Beam Shoe* yang dicor pada bagian bawah balok induk pracetak disambungkan dengan *COPRA® Anchoring Coupler* yang telah dicor pada kolom dan tulangan bagian atas balok induk disambungkan dengan angkur yang telah dicor pada kolom menggunakan *rebar coupler*. (6) Sambungan antara balok anak dengan balok induk menggunakan 2 buah *BECO® Beam Shoe* yang dicor pada bagian bawah balok anak pracetak disambungkan dengan *COPRA® Anchoring Coupler* yang telah dicor pada balok induk dan bagian atas balok anak disambungkan dengan tulangan penyaluran tanpa kait dengan panjang 875mm. (7) Sambungan antara pelat dengan balok menggunakan tulangan penyaluran tanpa kait, bagian bawah pelat merupakan

tulangan pelat pracetak yang dibuat keluar dari pelat pracetak dengan panjang 250mm. Bagian atas menggunakan tulangan penyaluran dengan panjang penyaluran 400mm.

## 5. REFERENSI

- [1] P. Wu, “Monitoring Carbon Emissions in Precast Concrete installation Through Lean Production - A Case Study in Singapore,” *J. Green Build.*, pp. 191–211, 2014.
- [2] R. Spence and H. Mulligan, “Sustainable development and the construction industry,” *Habitat Int.*, vol. 19, no. 3, pp. 279–292, Jan. 1995, doi: 10.1016/0197-3975(94)00071-9.
- [3] K. S. Elliott, *Precast Concrete Structures*, Second Edition. Crc Press, 2019. [Online]. Available: [www.TechnicalBooksPdf.com](http://www.TechnicalBooksPdf.com)
- [4] T. Kim and C. U. Chae, “Evaluation analysis of the CO2 emission and absorption life cycle for precast concrete in Korea,” *Sustain.*, vol. 8, no. 7, Jul. 2016, doi: 10.3390/su8070663.
- [5] E. Tjahjono and H. Purnomo, “Pengaruh Penempatan Penyambungan Pada Perilaku Rangkaian Balok-Kolom Beton Pracetak Bagian Sisi Luar,” *MAKARA Technol. Ser.*, vol. 8, no. 3, pp. 90–97, 2010, doi: 10.7454/mst.v8i3.266.
- [6] Z. Khakim, M. R. Anwar, and M. H. Hasyim, “Studi Pemilihan Pengerjaan Beton Antara Pracetak Dan Konvensional Pada Pelaksanaan Konstruksi Gedung Dengan Metode Ahp,” *J. Rekayasa Sipil*, vol. 5, no. 2, p. 13, 2012.
- [7] Green Building Council Indonesia, “Net Zero Healthy,” <https://gbcindonesia.org>, Nov. 18, 2021. <https://gbcindonesia.org/netzero> (accessed Nov. 18, 2021).
- [8] W. Peng and Low Sui Pheng, “Lean Production, Value Chain and Sustainability in Precast Concrete Factory – A Case Study in Singapore,” *Lean Constr. J.* 2011, pp. 19–37, 2011.
- [9] R. Yuniarto Adi, I. Nurhuda, I. Fitriani Perilaku dan Kekuatan Sambungan Kolom pada Sistem Beton Pracetak, and I. Fitriani, “Perilaku dan Kekuatan Sambungan Kolom pada Sistem Beton Pracetak,” *J. MKTS*, vol. 20, no. 1, 2014.
- [10] W. I. Ervianto, “Studi Implementasi Teknologi Beton Pracetak Bagi Bangunan Gedung,” *Jur. Tek. Sipil - Fak. Tek. Univ. Atma Jaya Yogyakarta*, 2006.
- [11] Badan Standarisasi Nasional (BSN), “Standar Nasional Indonesia 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.” 2019.