

PERENCANAAN STRUKTUR RUMAH SUSUN SEDERHANA SEWA UNGERAN MENGGUNAKAN BETON PRACETAK

Syarifuddin, Anjar Satria N, Parang Sabdono^{*)}, Rudi Yuniarto Adi^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Rumah susun sederhana sewa (rusunawa) Ungaran ini berlokasi di jalan Karimunjawa, Kelurahan Gedanganak, Kabupaten Ungaran Barat. Rusunawa ini terdiri 5 lantai yang didesain menggunakan sistem beton pracetak. Bangunan ini didesain memakai sistem struktur dengan rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Acuan yang digunakan dalam mendesain bangunan ini adalah Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002), Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012), dengan nilai parameter respon gempa diperoleh dari *website* Puskim Kementrian Pekerjaan Umum. Untuk mempermudah analisis struktur, desain rusunawa Ungaran menggunakan aplikasi SAP.2000 versi 14 dan program PCA COL. Dalam perencanaan gedung dengan sistem pracetak sangatlah penting dalam menentukan metode pracetaknya, karena kelemahan dari sistem pracetak salah satunya ada pada sambungan antar elemen. Perencanaan struktur rusunawa Ungaran ini menggunakan sistem Adhi BCS (*Beam Coloumn Slab*). Ciri khas sistem Adhi BCS adalah penggunaan beton topping pada elemen pelat dan balok yang menambah kekakuan.

kata kunci : Rusunawa Ungaran, Beton Pracetak, SRPMK, Sistem Adhi BCS

ABSTRACT

Ungaran Low Cost Apartment located at Karimunjawa street, Gedanganak, West Ungaran. This Low Cost Apartment consist of 5 level floors designed using precast concrete systems. The Building is designed with a Special Moment Resisting Frames (SMRF) for it structure system. This building design based on procedure for calculation of concrete structure for building (SNI 03-2487-2002), Earthquake resilience planning procedures for non structural building and building (SNI 1726-2012), and value of earthquake parameter response was download from Ministry of Public Work's website. In order to easier building structure analysis, design of Ungaran low cost apartment are helped by SAP.2000 version 14 and PCA COL program. Choosing the precast method is important thing, because one of the weakness of the precast system is on connection between it's elements. Ungaran low cost apartment designed using Adhi BCS (Beam Coloumn Slab) system. Characteristic of Adhi BCS system is additional concrete topping above plate and beam that adding rigidity it's structure.

keywords: *Low Cost Apartment, Precast Concrete, SMRF, Adhi BCS*

^{*)} *Penulis Penanggung Jawab*

PENDAHULUAN

Beton Pracetak (*Precast*) merupakan elemen atau komponen tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan. Umumnya digunakan pada struktur bangunan tingkat rendah sampai menengah. Teknologi beton pracetak telah lama diketahui dapat menggantikan operasi pembetonan tradisional yang dilakukan di lokasi proyek pada beberapa jenis konstruksi karena beberapa potensi manfaatnya. Beberapa prinsip yang dipercaya dapat memberikan manfaat lebih dari teknologi beton pracetak ini antara lain terkait dengan waktu, biaya, kualitas, *predicability*, keandalan, produktivitas, kesehatan, keselamatan, lingkungan, koordinasi, inovasi, *reusability*, serta *relocatability*.

Alternatif metode konstruksi beton ini juga dipilih untuk mengurangi atau menghilangkan pemakaian perancah dan bekisting yang dalam pelaksanaannya menghabiskan biaya yang cukup besar baik dari segi material dan tenaga kerja yang dibutuhkan. Selain itu metode konstruksi ini dapat sangat mengurangi total waktu pelaksanaan proyek konstruksi sejak elemen-elemen pracetak disiapkan, sementara pekerjaan-pekerjaan lain seiring dengan itu juga dilaksanakan. Melalui perencanaan ini diharapkan menghasilkan bangunan dengan menekan biaya konstruksi seminimal mungkin sehingga dapat dihasilkan bangunan yang ekonomis sesuai dengan tuntutan jaman yang semakin mencari alternatif cara yang ekonomis serta praktis.

METODE PERENCANAAN

Bangunan dirancang dengan konsep *strong coloum weak beam* dengan sistem rangka pemikul momen khusus agar lebih daktail. Dalam perencanaan tahanan gedung terhadap gempa digunakan peraturan SNI 1726-2012.

Perhitungan struktur dilakukan dengan menentukan beban beban yang terjadi sesuai fungsi bangunan. Selanjutnya dilakukan perhitungan struktur tangga, pelat atap, pelat lantai, balok, kolom, pondasi, *tie beam*, dan perhitungan elemen pracetak pelat, balok dan kolom sekaligus perhitungan sambungan antar elemen pracetak sesuai referensi sistem Adhi BCS. Software yang digunakan dalam membantu analisa struktur adalah SAP 2000 v. 14 dan PCA COL.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perencanaan struktur gedung ini meliputi struktur atas dan struktur bawah bangunan serta rencana anggaran biaya (RAB) struktur. Struktur atas terdiri dari pelat, tangga, balok, kolom, dan perencanaan elemen pracetak serta sambungan antar elemen pracetak. Struktur bawah terdiri dari pondasi dan *tie beam*.

Perhitungan Gempa

Perhitungan analisis struktur gedung terhadap beban gempa mengacu pada Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012). Menentukan nilai S_S (Parameter percepatan respons spektral periode pendek), S_1 (Parameter percepatan respons spektral periode panjang), F_A (Koefisien situs untuk

periode pendek), F_V (Koefisien situs untuk periode panjang), S_{MS} (Parameter percepatan respons spektral periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs), S_{M1} (Percepatan percepatan respons spektral yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs), serta percepatan disain S_{DS} , S_{D1} . Perhitungan nilai spectrum gempa dibandingkan dengan nilai respon spectra dari www.puskim.pu.go.id. Data yang dipakai sebagai acuan perhitungan adalah dari web Kementrian PU.

Hasil perbedaan nilai spectrum respon percepatan disain antara perhitungan manual dengan dari website puskim PU disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai parameter gempa hasil manual dan website Puskim

Parameter Gempa	Hasil Puskim	Hasil manual
PGA (g)	0.428	-
SS (g)	0.951	0.9
S1 (g)	0.333	0.3
CRS	0.924	-
CR1	0	-
FPGA	1,072	-
FA	1.119	1.14
FV	1.735	1.8
PSA (g)	0.459	-
SMS (g)	1.065	1.026
SM1 (g)	0.577	0.54
SDS (g)	0.710	0.684
SD1 (g)	0.385	0.36

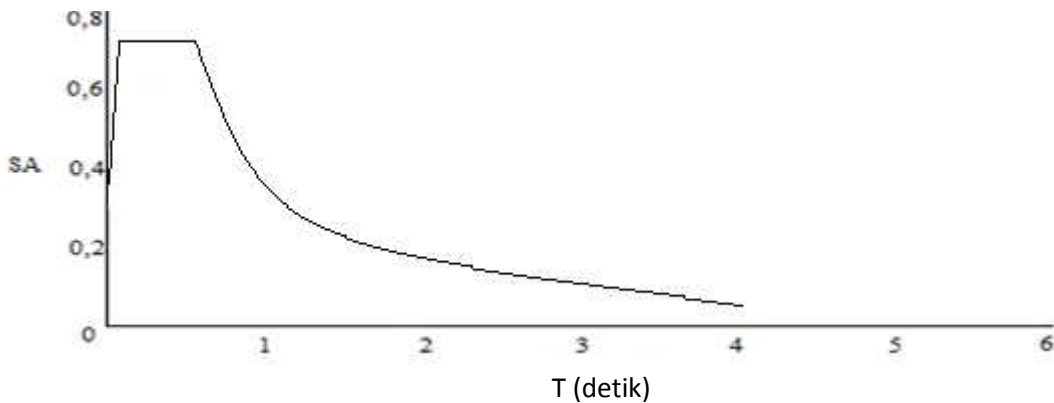
Kedua data parameter gempa tersebut dibandingkan, didapatkan data parameter dari *website* PU dengan koordinat -7.502132 , 110.4175 hasilnya lebih besar, maka dipilih data dari *website* Puskim Kementrian PU sebagai acuan perhitungan. Nilai spectrum respon percepatan desain dari *website* puskim ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai spectrum respon percepatan desain hasil puskim

Periode Getar T (detik)	Spektrum Respons Percepatan Disain (Sa)
0	0,284
0,108	0,709
0,542	0,709
1,042	0,337
1,542	0,234
2,042	0,18
2,542	0,146
3,042	0,122
3,542	0,106
4	0,096

Diagram spektrum respon gempa digambarkan seperti Gambar 1.

Spektral percepatan (g)

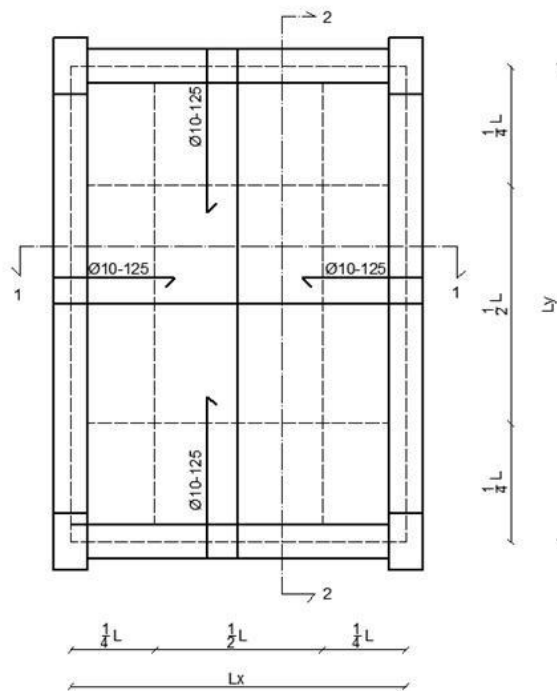


Gambar 1. Spektrum Respon Percepatan Disain

Perencanaan Struktur Pelat

Pengelompokan tipe plat berdasarkan ukuran pelat yang dibatasi oleh tiap balok. Selain itu pengelompokan dibedakan berdasarkan fungsi penerimaan bebannya. Tebal pelat diperoleh setelah tipe pelat diketahui, *one way slab* atau *two way slab*. Tebal pelat lantai gedung rusunawa Ungaran adalah 12 cm, sedangkan pelat atap menggunakan tebal 10 cm.

Perhitungan tulangan pelat menggunakan momen pelat yang diperoleh dari tabel CUR. Pelat yang didesain, menggunakan tulangan $\text{Ø}10\text{-}125$ untuk daerah tumpuan dan lapangan. Detail penulangan hasil perhitungan ditampilkan pada Gambar 2.

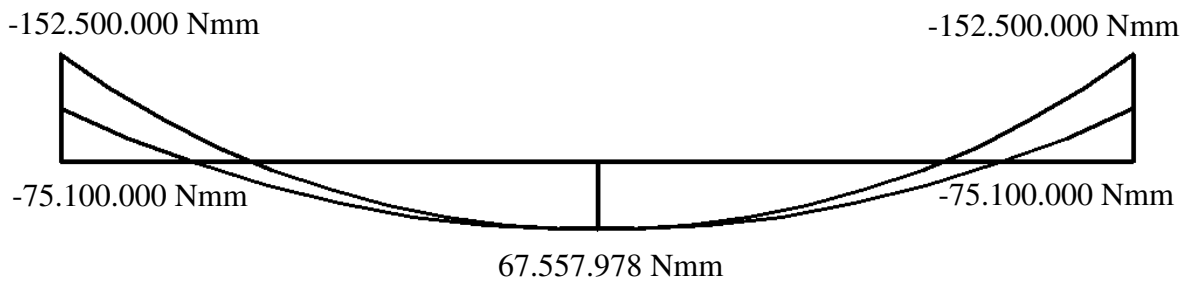


Gambar 2. Detail penulangan pelat

Perencanaan Struktur Balok

Perencanaan balok induk menurut Vis dan Gideon (1997), dimensi tinggi balok induk diperkirakan $h = (1/10 - 1/15) L$ dan perkiraan lebar balok induk $b = (1/2 - 2/3) h$. Sehingga direncanakan dimensi balok induk dengan $L = 4250 \text{ mm}$ adalah $b = 300 \text{ mm}$ dan $h = 450 \text{ mm}$.

Berdasarkan pembebanan yang direncanakan, didapatkan hasil gaya dalam dengan bantuan software SAP 2000 v.14 berupa momen yang akan digunakan untuk menghitung penulangan longitudinal balok yaitu momen negatif tumpuan kanan, momen negatif tumpuan kiri, momen positif lapangan. Sedangkan dalam menentukan momen positif pada tumpuan, besarnya diambil 50% dari momen kapasitas negatif tumpuan. Momen yang bekerja pada balok seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Bidang Momen pada Balok Induk

Hasil gaya dalam berupa gaya geser atau *shear* digunakan untuk menghitung tulangan geser balok. Gaya geser balok dihitung dari persamaan (1) dan (2) berikut ini (BSN,2002).

$$V_u = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u \times Ln}{2} \dots\dots\dots (1)$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \dots\dots\dots (2)$$

Balok juga perlu diperhitungkan terhadap puntir / torsi. Untuk menentukan tulangan torsi menggunakan persamaan (2) dan (3) berikut ini (BSN,2002).

a. Tulangan torsi transversal

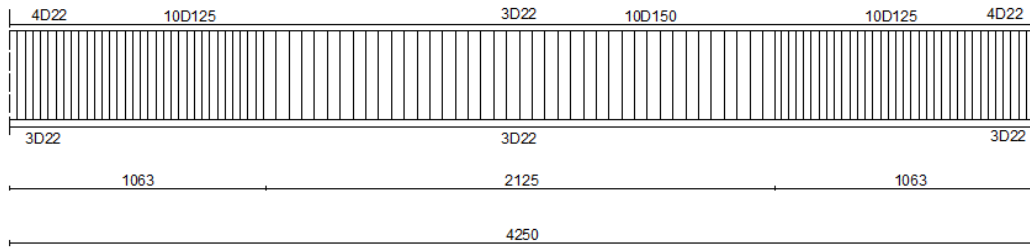
$$T_n = \frac{T_u}{\phi} \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2A_o f_{yv} \cot\theta} \dots\dots\dots (4)$$

b. Tulangan torsi longitudinal

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \cot^2\theta^2 \dots\dots\dots (5)$$

Hasil desain balok induk bangunan rusunawa ini seperti Gambar 4.



Gambar 4. Detail Penulangan Balok

Perencanaan Struktur Kolom

Kolom dirancang lebih kuat dibandingkan balok (*strong coloum weak beam*). Kolom ditinjau terhadap portal bergoyang atau tidak bergoyang, serta ditinjau terhadap kelangsingan, termasuk kolom pendek atau kolom langsing (panjang).

Perencanaan geser pada kolom tidak berdasarkan momen kapasitas pada kolom melainkan momen *probable* balok pada sisi atas dan bawah kolom. Geser yang terjadi pada kolom tidak akan melebihi goyangan akibat momen *probable* balok. Bila di ilustrasikan seperti Gambar 5.

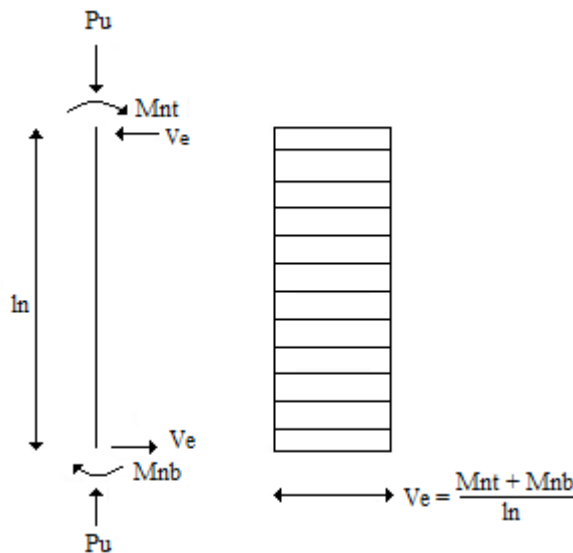
Rumus perhitungan geser kolom seperti pada persamaan (6) berikut ini.

$$V_{sway} = \frac{M_{prob_top} DF_{top} + M_{prob_btm} DF_{btm}}{l_n} \dots\dots\dots (6)$$

dimana:

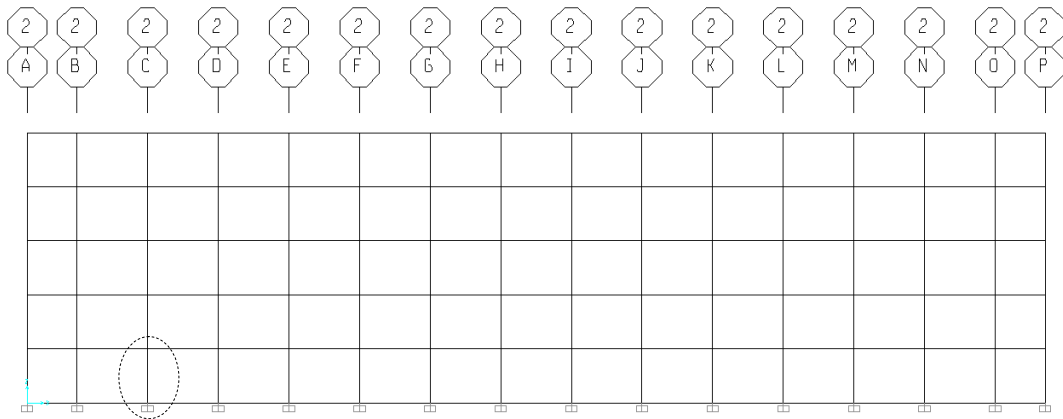
M_{pr_top} dan M_{pr_btm} = Momen Probable balok atas dan bawah.

DF_{top} dan DF_{btm} = Faktor distribusi momen pada bagian atas dan bawah yang didisain.



Gambar 5. Gaya pada kolom

Perhitungan kolom yang direncanakan pada struktur gedung rusunawa ungaran adalah kolom lantai 1 as C-2 karena memiliki gaya aksial terbesar. Letak kolom yang ditinjau ditunjukkan oleh Gambar 6.

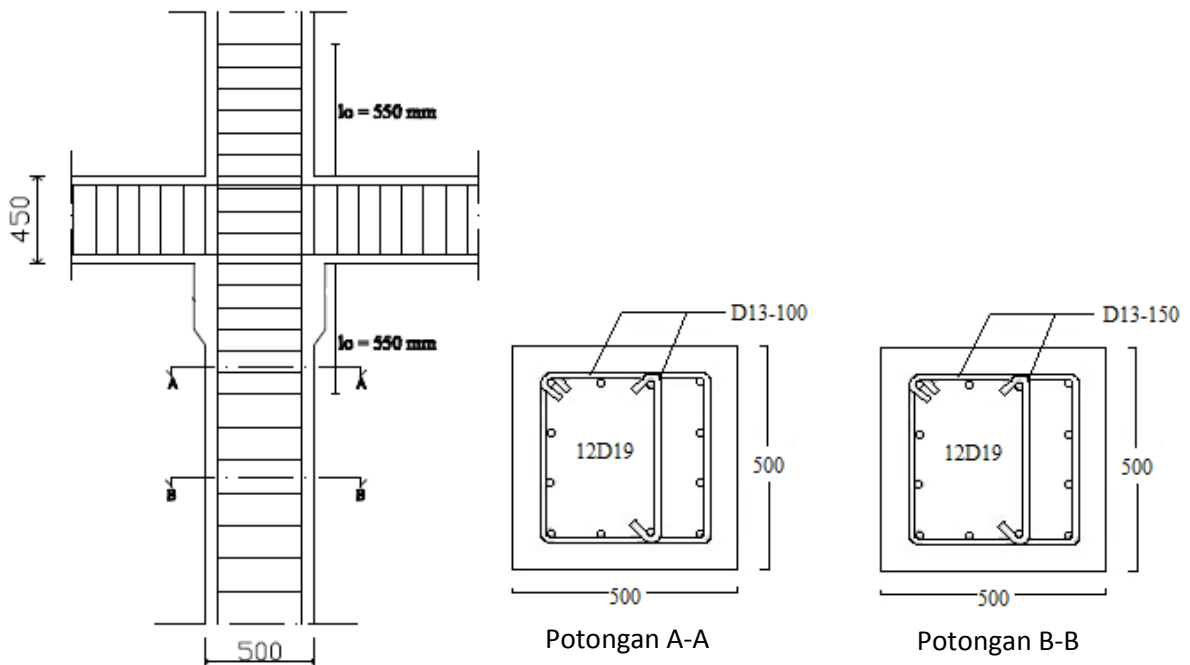


Gambar 6. Kolom yang ditinjau

Menurut SNI 2847-2002 pasal 23.4.4.6 sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi l_0 di masing-masing ujung kolom) diberi hoops dengan spasi minimum 150 mm atau 6 kali diameter tulangan longitudinal yaitu 114 mm. Penulangan kolom dipasang sebagai berikut:

- Sepanjang $l_0 = 550$ mm menggunakan 12D19 sengkang D13-100
- Diluar l_0 menggunakan 12D19 sengkang D13-150.

Gambar detail penulangan kolom yang ditinjau disajikan pada Gambar 7.

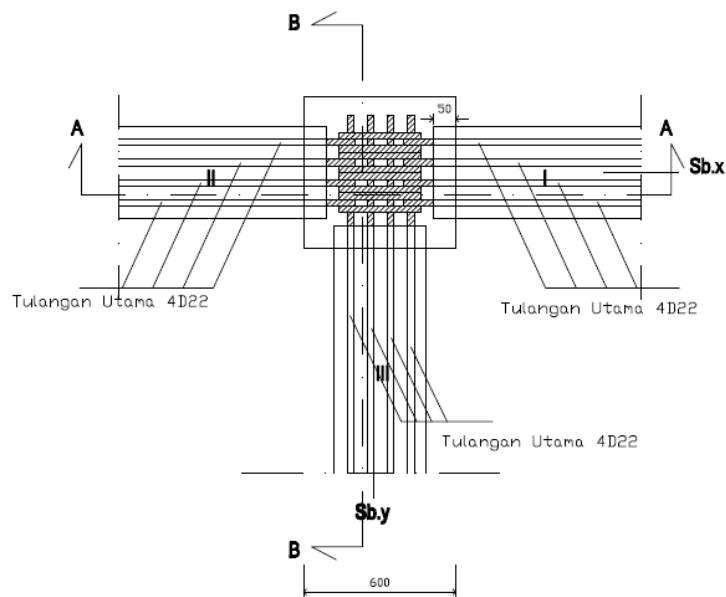


Gambar 7. Detail penulangan kolom yang ditinjau

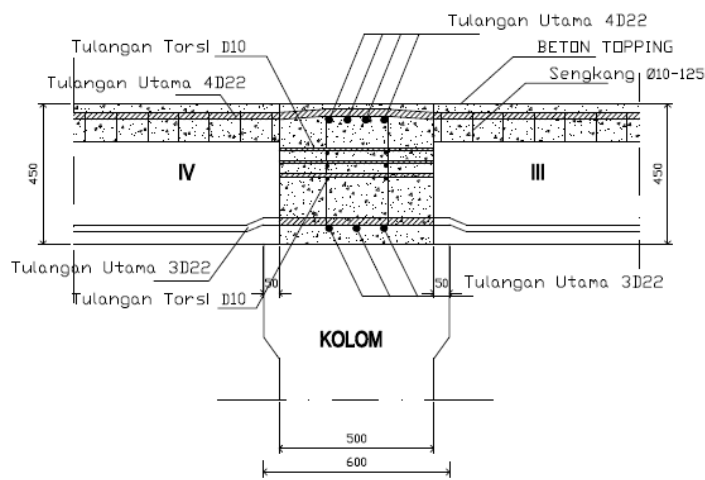
Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak

Sambungan berfungsi untuk mentransfer gaya-gaya antar elemen pracetak yang disambung, apabila tidak direncanakan dengan baik maka akan menyebabkan keruntuhan pada struktur. Sambungan elemen pracetak meliputi sambungan pelat pracetak dengan balok pracetak, sambungan antar balok pracetak, sambungan antar pelat pracetak, dan kolom pracetak dengan kolom pracetak.

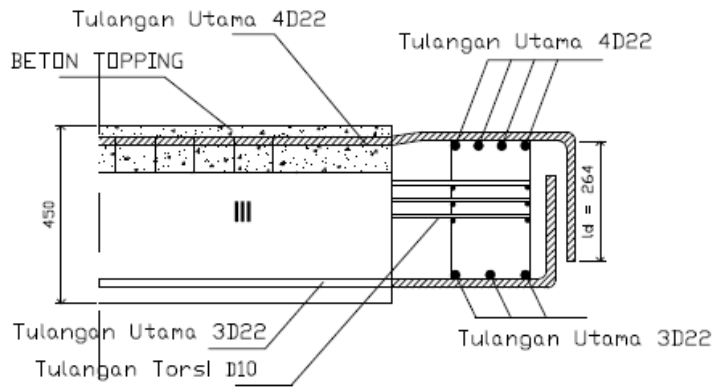
Dalam perencanaan sambungan elemen pracetak ini, mengikuti standart yang diterapkan oleh sistem Adhi BCS (*beam coloumn slab*). Sambungan antar balok dan antar kolom menggunakan las. Untuk sambungan antar balok menggunakan panjang pengelasan 110 mm, untuk pelat menggunakan panjang pengelasan 60 mm, dan untuk sambungan antar kolom menggunakan panjang pengelasan 170 mm. Detail sambungan elemen pracetak disajikan dalam Gambar 8, 9 dan 10.



a. Tampak atas sambungan balok

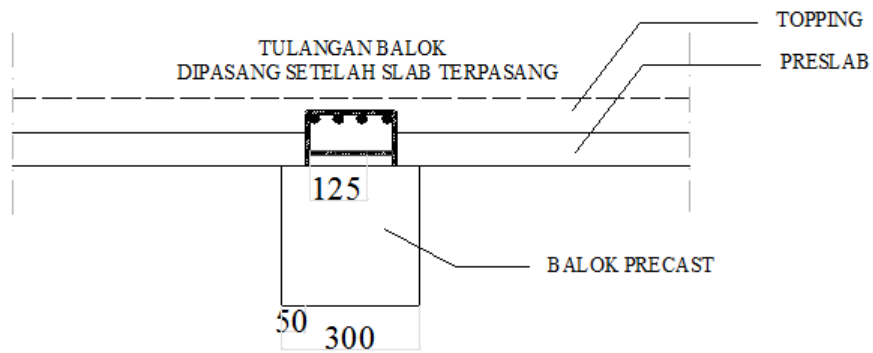


b. Potongan A – A

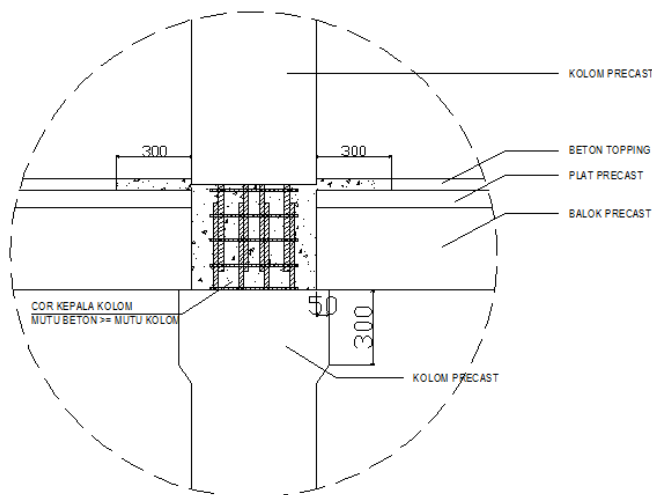


c. Potongan B – B

Gambar 8. Sambungan tiga balok pracetak pada kolom *double*



Gambar 9. Sambungan antar pelat pracetak



Gambar 10. Sambungan antar kolom pracetak

KESIMPULAN

Dalam merencanakan elemen pracetak, harus meninjau dari beberapa kondisi tahapan pelaksanaan, yaitu:

- saat proses pengangkatan (*transport / erection*)
- saat pemasangan

Perencanaan Elemen Pracetak menggunakan konsep desain elastis, dengan tujuan supaya elemen masih bersifat elastis saat menerima beban saat pelaksanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2002, BSN, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 1726-2012, BSN, Bandung.
- Bowles, Joseph E, 2005. *Analisis dan Desain Pondasi*, Erlangga, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*, Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung, Bandung.
- Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Provinsi Jawa Tengah, 2015. *Harga Satuan Pekerjaan Bahan dan Upah Pekerjaan Konstruksi Provinsi Jawa Tengah*, Balai Pengujian dan Informasi Konstruksi, Semarang.
- Ervianto, Wolfram, 2006. *Eksplorasi teknologi dalam proyek konstruksi beton pracetak dan bekisting*, Andi, Yogyakarta.
- H.N. Nurjaman, 2000. *Sistem Bangunan Pracetak*, Erlangga, Jakarta.
- Kusuma, Gideon and Vis,W,C, 1993. *Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- Kusuma, Gideon and Vis,W,C. 1993. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- Schodek, Daniel L, 1991. *Struktur*, Eresco, Bandung.
- Sosrodarsono, Suyono, 1980. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- S pantazopoulou dan I Imran, 1992. Slab wall connections under lateral forces, *ACI Structural jurnal*, 89.