

PERHITUNGAN PENULANGAN DAN PANJANG PENYALURAN TULANGAN PELAT LANTAI L3 AS K-L/1-3 PADA COREWALL CW1B PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN *THE GREAT SALADDIN MANSION*

ABSTRAK

Pertambahan penduduk kota Depok yang menyebabkan peningkatan aktivitas dan kebutuhan masyarakatnya, mendorong PT. Wangsa Darma Properti untuk membangun apartemen *The Great Saladdin Mansion*. Apartemen serta fasilitasnya yang bernuansa Arab modern ini terletak di Jalan Margonda Raya No. 39, Depok, Jawa Barat. Apartemen ini memiliki 3 tower, yang terdiri dari 1 basement, 6 lantai parkir, 32 lantai unit, dan 1 lantai atap dengan total nilai kontrak sebesar Rp 59,900,000,000. Apartemen setinggi 106.25 meter ini akan menjadi bangunan tertinggi dan merupakan ikon baru di kota Depok. Struktur core wall apartemen ini menggunakan metode climbing form work yang membuat penulangan pada struktur pelat lantai dilakukan setelah pencoran struktur core wall. Akibatnya penyaluran tulangan pelat lantai pada core wall dilaksanakan dengan cara mengebor dinding core wall lalu memasang tulangan dan kemudian diperkuat dengan bahan perekat chemical. Berdasarkan perhitungan pelat lantai L3 didapatkan diameter tulangan 10 mm dengan jarak antar tulangan 150 mm dan panjang penyaluran 240 mm, berbeda dengan yang terpasang di lapangan. Berdasarkan cek kebutuhan tulangan dalam 1 meter, kuat lekat serta kuat leleh tulangan, tulangan dan panjang penyaluran ini memenuhi persyaratan dan sesuai standar nasional Indonesia.

Kata Kunci: Metode climbing form work, struktur core wall, bahan perekat chemical Fischer VT 380 C

Sri Siti Rahayu
Jennie Kusumaningrum

Jurusan Teknik Sipil,
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Universitas Gunadarma

sritisirahayu@gmail.com
jennie_k@staff.gunadarma.ac.id

PENDAHULUAN

Struktur bangunan merupakan sarana untuk menyalurkan beban yang diakibatkan penggunaan dan atau kehadiran sebuah bangunan. Struktur terdiri dari unsur-unsur yang terintegrasi dan berfungsi sebagai satu kesatuan utuh untuk menyalurkan semua jenis beban yang diantisipasi ke tanah.

Pada pembangunan gedung bertingkat, dibutuhkan tempat pijakan yang sanggup menahan beban yang ada. Karena itu penulangan untuk pelat lantai pada gedung bertingkat perlu direncanakan dengan matang agar struktur bangunan aman dan nyaman bagi pengguna.

Fungsi pelat lantai adalah memisahkan ruang bawah dan ruang atas, sebagai tempat berpijak bagi pengguna ruang atas, menempatkan kabel listrik dan lampu untuk ruang bawah, dan menambah kekakuan bangunan pada arah horisontal.

Salah satu dasar anggapan dalam perencanaan dan analisis struktur beton bertulang ialah bahwa lekatan batang tulangan baja dengan beton yang mengelilinginya berlangsung sempurna tanpa terjadi penggelinciran atau pergeseran. Pada waktu komponen struktur bekerja menahan beban akan timbul tegangan lekat yang berupa *shear interlock* pada permukaan senggung antarbatang tulangan dengan beton.

Upaya untuk menjamin tercapainya lekatan kuat adalah dengan memperhitungkan efek penambatan atau penjangkaran ujung-ujung batang tulangan baja di dalam beton. Penambatan atau penjangkaran ujung batang akan berlangsung dengan baik apabila batang

tulangan tertanam dengan kokoh di dalam beton pada jarak kedalaman tertentu yang disebut panjang penyaluran batang tulangan baja.

Pelat lantai L3 as K-L/1-3 dikelilingi oleh balok 30×45 cm dan core wall CW1B 40×320 cm pada arah X serta balok 30×45 cm pada arah Y. Penyaluran tulangan pelat lantai yang akan dibahas adalah penyaluran pelat lantai pada core wall CW1B. Akibat dari pelaksanaan pekerjaan core wall dengan menggunakan sistem climbing form work, ada sebagian tulangan penyaluran pelat lantai yang masuk ke dalam core wall CW1B dipasang setelah selesai pengecoran dinding core wall CW1B.

Pemasangan tulangan penyaluran pelat lantai pada core wall CW1B dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan memasang *blockout* pada bagian penyaluran tulangan kemudian tulangan dipasang sesuai kebutuhan dan dilakukan pengecoran, serta dengan mengebor lubang pada dinding core wall CW1B yang telah selesai proses pengecorannya sesuai panjang penyaluran, kemudian memasang besi tulangan yang diperkuat dengan bahan perekat *chemical*. Bahan perekat *chemical* yang dipakai ialah Fischer VT 380 C, yaitu salah satu jenis lem/perekat yang terdiri dari komponen tanpa pelarut, dirancang khusus sebagai perekat untuk bahan baja tulangan dan sebagainya.

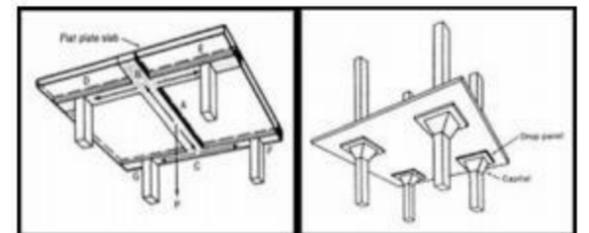
Tujuan penulisan ini ialah untuk mengetahui tulangan utama rencana yang dibutuhkan pada pelat lantai L3 as K-L/1-3 apabila digunakan asumsi pembebanan PPIUG 1983, mengetahui panjang penyaluran yang dibutuhkan pada tulangan utama pelat lantai pada core wall L3 as K-L/1-3 apabila menggunakan cara

teoritis, dan membandingkan penulangan dan panjang penyaluran tulangan utama pelat lantai L3 as K-L/1-3 pada core wall CW1B.

Pelat Lantai

Pelat lantai (*slab*) merupakan elemen bidang tipis yang memikul beban transversal melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan dari pelat. Beberapa tipe pelat lantai yang sering digunakan pada konstruksi adalah *flat slab*, *waffle system*, dan *waffle system*.

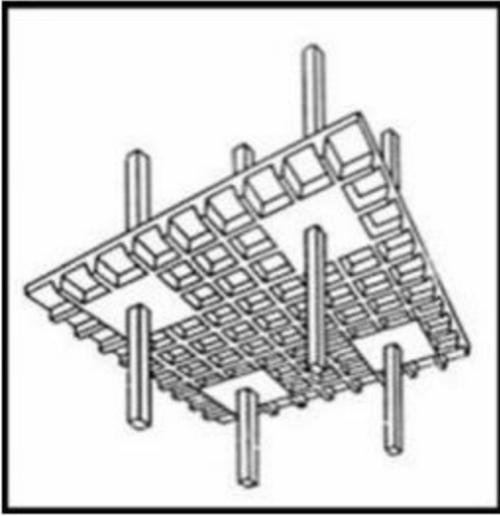
- Lantai *flat slab*
Sistem *flat slab* merupakan pelat beton bertulang yang langsung ditumpu oleh kolom-kolom tanpa balok-balok. Tipe ini biasa digunakan untuk intensitas beban yang tak terlalu besar dan bentang yang kecil. Pada daerah kritis di sekitar kolom penumpu, biasanya diberi penebalan (*drop panel*) yang disebut *flat plate*.



Gambar 1. Lantai Flat Slab

Sumber : Ami, Maret 2011

- Lantai grid (*waffle system*)
Sistem lantai grid (*waffle system*) mempunyai balok-balok yang saling bersilangan dengan jarak yang relatif rapat, dengan pelat atas yang tipis.



Gambar 2.
Lantai Grid (Waffle System)
Sumber : Ami, Maret 2011

c. Pelat lantai dengan balok
Sistem pelat lantai ini terdiri dari lantai (*slab*) menerus yang ditumpu oleh balok-balok monolit, yang umumnya ditempatkan pada jarak 3-6 meter. Sistem ini kokoh dan sering dipakai untuk menunjang sistem pelat lantai yang tidak beraturan.



Gambar 3.
Pelat Lantai dengan Balok
Sumber : Ami, Maret 2011

Perencanaan Pelat Lantai

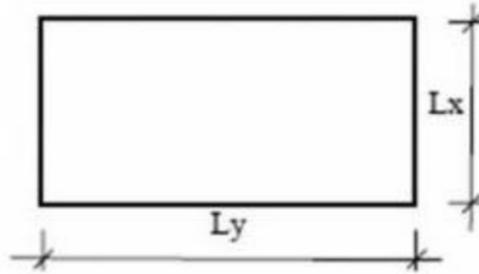
Perencanaan pelat beton bertulang perlu mempertimbangkan faktor pembebanan dan ukuran serta syarat-syarat dari peraturan yang ada. Pelat merupakan panel-panel beton bertulang yang mungkin bertulang dua atau satu arah saja, tergantung sistem strukturnya. Oleh karena itu, sistem pelat lantai secara umum dapat dibedakan atas pelat satu arah dan pelat dua arah. Pelat satu arah dan pelat dua arah dapat dibedakan dari nilai rasio perbandingan sisi panjang (L_y) dan sisi pendek (L_x) dari pelat. Persyaratan kedua jenis pelat ini adalah:

a. Pelat satu arah (*one way slab*)
Pelat satu arah dapat dipakai dengan menggunakan desain untuk balok, dengan lebar 1 unit lebar (per m' lebar) dalam arah sisi pendek. Pada arah sisi panjang dapat digunakan tulangan susut dan temperatur atau tulangan pembagi. Pelat satu arah, apabila :

$$\frac{L_y}{L_x} > 2.0 \quad (1)$$

b. Pelat dua arah (*two way slab*)
Beban pelat lantai pada jenis ini disalurkan ke empat sisi pelat atau ke empat balok pendukung, sehingga tulangan utama pelat diperlukan pada kedua arah sisi pelat. Sistem pelat dua arah dapat terjadi pada pelat tunggal maupun menerus, asal perbandingan panjang bentang kedua sisi memenuhi. Pelat dua arah apabila :

$$1.0 \leq \frac{L_y}{L_x} \leq 2.0 \quad (2)$$



Gambar 4.
Dimensi Bidang Pelat
Sumber : Rachman H.M., 2011

Langkah-langkah perencanaan penulangan pelat adalah :

- Menentukan syarat-syarat batas, tumpuan dan panjang bentang.
- Menentukan tebal pelat (sesuai tebal pelat di lapangan).
- Menghitung beban yang bekerja berupa beban mati dan beban hidup terfaktor.
- Menghitung momen-momen yang menentukan.

Pada pelat yang menahan dua arah dengan terjepit pada keempat sisinya bekerja empat macam momen, yaitu :
Momen lapangan arah x (M_{lx}) = koef x $W_u \times l_x^2$ (3)
Momen lapangan arah y (M_{ly}) = koef x $W_u \times l_x^2$ (4)
Momen tumpuan arah x (M_{tx}) = koef x $W_u \times l_x^2$ (5)
Momen tumpuan arah y (M_{ty}) = koef x $W_u \times l_x^2$ (6)

Nilai momen yang bekerja pada pelat lantai ditentukan dari tabel koefisien momen PBI 1971.

Tabel 1.
Tabel Momen yang Menentukan Per Meter dalam Jalur Tengah pada Pelat Dua Arah Akibat Beban Terbagi Rata untuk Kondisi ke-Empat Sisinya Terjepit

Momen per meter lebar	L_y/L_x							
	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
m_{lx}	21	25	28	31	34	36	37	38
m_{ly}	21	21	20	19	18	17	16	14
m_{tx}	52	59	64	69	73	76	79	81
m_{ty}	52	54	56	57	57	57	57	57

Sumber : PBI, 1971

Menentukan nilai β_1
Menghitung tulangan pelat.
Langkah-langkah perhitungan tulangan:
Menetapkan tebal penutup beton.
Mencari tinggi efektif dalam arah x dan arah y.

Menentukan nilai M_u .
Menentukan nilai M_n , dengan persamaan :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (7)$$

Menghitung nilai R_n dengan persamaan:

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \quad (8)$$

Dengan : b = lebar pelat perimeter panjang (mm)
 d = tinggi efektif (mm)

Menghitung nilai m dengan persamaan :

$$m = \frac{F_y}{0.85 \times f'c} \quad (9)$$

Mencari rasio penulangan (ρ) dengan persamaan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times m \times R_n}{f_y} \right)} \right] \quad (10)$$

Memeriksa syarat rasio penulangan ($\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$)

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (11)$$

$$\rho_{maks} = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c \times 450}{f_y \times (600 + f_y)} \quad (12)$$

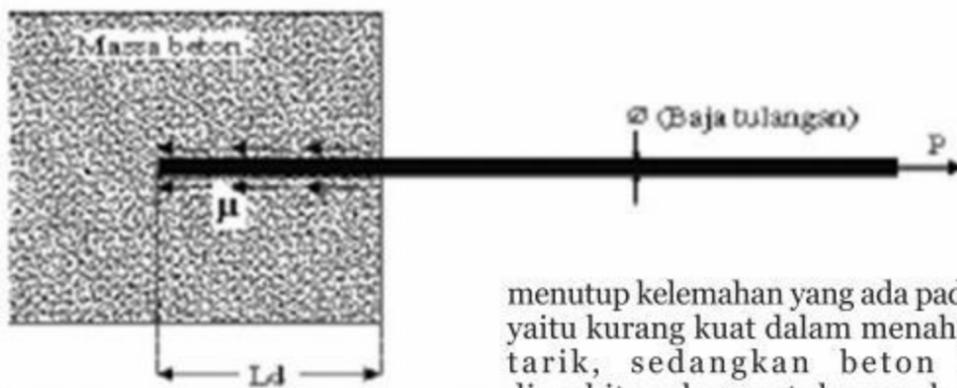
Mencari luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \rho \times b \times d \quad (13)$$

Menetapkan diameter tulangan utama yang direncanakan dalam arah x dan arah y.

Panjang Penyaluran

Dasar utama teori panjang penyaluran adalah dengan memperhitungkan suatu baja tulangan yang ditanam di dalam massa beton. Sebuah gaya F diberikan pada baja tulangan tersebut. Gaya ini selanjutnya akan ditahan antara baja tulangan dengan beton di sekelilingnya. Tegangan lekat bekerja sepanjang baja tulangan yang tertanam di dalam massa



Gambar 5.
Panjang Penyaluran Baja Tulangan
Sumber : Rachman H.M., 2011

Mengacu pada gambar 5 dapat dirumuskan gaya tarik yang dapat ditahan oleh lekatan baja tulangan dengan beton. Dalam menjamin lekatan antara baja tulangan dan beton tidak mengalami kegagalan, diperlukan adanya syarat panjang penyaluran. Agar terjadi keseimbangan antara gaya horisontal, maka beban yang dapat ditahan sama dengan luas penampang baja dikalikan dengan kuat lekatnya.

Hasil dari berbagai eksperimen telah dibuktikan bahwa kekuatan lekat merupakan fungsi kekuatan dari beton, yaitu dengan hubungan :

$$\mu = k \sqrt{f'c} \quad (14)$$

di mana k adalah konstanta. Apabila kekuatan lekatan sama atau lebih besar dari pada kekuatan leleh tulangan yang luas penampangnya

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d_b^2, \text{ maka :} \\ \pi d_b l_d \mu \geq f_y \quad (15)$$

Sedangkan untuk perhitungan panjang penyaluran dasar, menggunakan rumus :

$$l_{db} = k_1 \frac{A_b \cdot f_y}{\sqrt{f'c}} \quad (16)$$

di mana k_1 merupakan fungsi ukuran geometri tulangan dan hubungan antar kekuatan lekatan dan kekuatan tekan beton. Menurut SNI T-15-1991-03, panjang penyaluran l_{db} batang tulangan deform yang menahan gaya tarik untuk batang D-36 dan lebih kecil adalah :

$$l_{db} = 0.02 \frac{A_b \cdot f_y}{\sqrt{f'c}} \quad (17)$$

tetapi tidak kurang dari

$$0.06 \cdot d_b \cdot f_y$$

Kuat Lekat

Kuat lekat merupakan kombinasi-kombinasi kemampuan antara baja tulangan dan beton yang menyelimutinya dalam menahan gaya-gaya yang dapat menyebabkan lepasnya lekatan antara baja tulangan dan beton. Pada penggunaan sebagai salah satu komponen bangunan, beton selalu diperkuat batang baja tulangan. Diharapkan baja dapat bekerja sama dengan baik, sehingga akan

menutupi kelemahan yang ada pada beton yaitu kurang kuat dalam menahan gaya tarik, sedangkan beton hanya diperhitungkan untuk menahan gaya tekan.

Menurut Nawy (1986), kuat lekat antara baja tulangan dan beton yang membungkusnya dipengaruhi oleh faktor:

- Adesi antara elemen beton dan bahan penguatnya yaitu tulangan baja.
- Efek gripping (memegang) sebagai akibat dari susut pengeringan beton di sekeliling tulangan, dan saling geser antara tulangan dengan beton di sekelilingnya.
- Efek kualitas beton dan kekakuan tarik dan tekannya.
- Efek mekanis penjangkaran ujung tulangan.
- Diameter tulangan.

METODE PERHITUNGAN

Pedoman Perhitungan

Pedoman perhitungan yang digunakan dalam perhitungan penulangan dan panjang penyaluran tulangan pelat lantai L3 as K-L/1-3 pada *core wall* CW1B adalah :

- Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002.
- Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971.
- Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI T-15-1991-03.

Pendefinisian Mutu

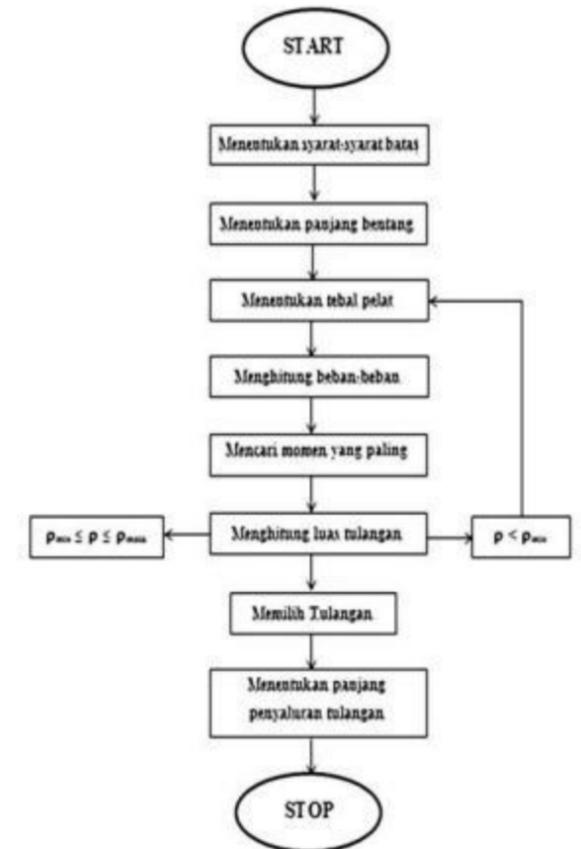
Pada perhitungan penulangan dan panjang penyaluran tulangan pelat lantai, material penting yang perlu diketahui spesifikasi mutunya, yaitu :

- Beton
Spesifikasi beton yang digunakan pada proyek ini adalah beton bertulang. Mutu beton untuk pekerjaan pelat lantai adalah 35 MPa, sedangkan pada pekerjaan *core wall* adalah 45 MPa.
- Baja
Spesifikasi dan karakteristik baja yang digunakan dalam perhitungan ini adalah baja ulir atau *deform* dengan ukuran D10 mm dengan kuat leleh f_y 400 MPa.

Pembebanan

Beban-beban yang diperhitungkan dalam perhitungan pelat lantai yaitu beban mati (DL) dan beban hidup (LL) dengan kombinasi 1.2 DL + 1.6 LL sesuai dengan SNI 03-2847-2002 butir 11.2(1).

Flowchart Perhitungan



Gambar 6.
Flowchart Perhitungan Penulangan dan Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Lantai

Tahapan perhitungan dilakukan atas 2 tahapan dasar, yaitu tahap perhitungan diameter tulangan pelat lantai dan tahap perhitungan panjang penyaluran tulangan pelat lantai yang masuk pada *core wall* CW1B.

Pada tahap perhitungan tulangan pelat lantai, karena tebal pelat lantai telah ditetapkan maka perhitungan dimulai dari tahapan menghitung beban-beban dan berhenti di tahapan memilih tulangan. Pada tahapan menghitung beban, digunakan panduan dari PPIUG 1983 (Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983) untuk menentukan beban mati dan beban hidup yang bekerja pada pelat lantai. Kemudian untuk mencari momen yang menentukan, digunakan koefisien momen dari tabel 13.3.1 di PBI 1971 (Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971) untuk mencari momen lapangan maupun tumpuan. Selanjutnya perhitungan luas tulangan yang menggunakan hitungan matematis untuk luas lingkaran. Lalu berlanjut ke tahapan mencari nilai \bar{n} , penulis mengikuti panduan dan rumus yang tertera pada SKSNI 03-2842-2002. Kemudian sampai ke tahap pemilihan tulangan, di mana akan didapatkan diameter tulangan yang direncanakan untuk pelat lantai dengan spasi yang telah ditetapkan.

Pada tahap perhitungan panjang penyaluran tulangan pelat lantai yang masuk pada *core wall* CW1B, perhitungan dimulai dari penentuan panjang penyaluran tulangan sesuai dengan SNI T-15-1991-03. Pengecekan panjang penyaluran yang terpasang di lapangan dilakukan dengan membandingkan kapasitas leleh baja terhadap tarik dengan kapasitas lekatan terhadap tarik. Apabila kapasitas lekatan baja terhadap tarik lebih kecil dari kapasitas lekatan baja terhadap tarik, panjang penyaluran dapat dipakai

karena kekuatan lekatannya memenuhi.

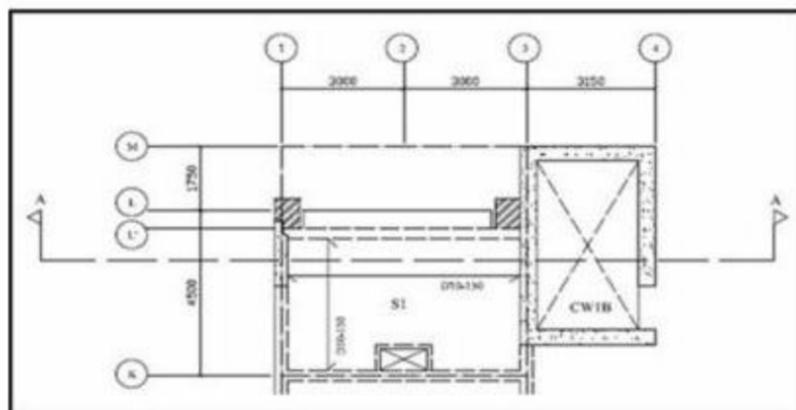
Hasil yang didapat kemudian akan dibandingkan dengan hasil yang terpasang di lapangan, dan menganalisis penyebab jika terjadi perbedaan rencana penulangan pelat lantai L3 as K-L/1-3 dan panjang penyaluran tulangan pelat lantai pada *core wall* CW1B dari hasil perhitungan dengan hasil yang terpasang di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

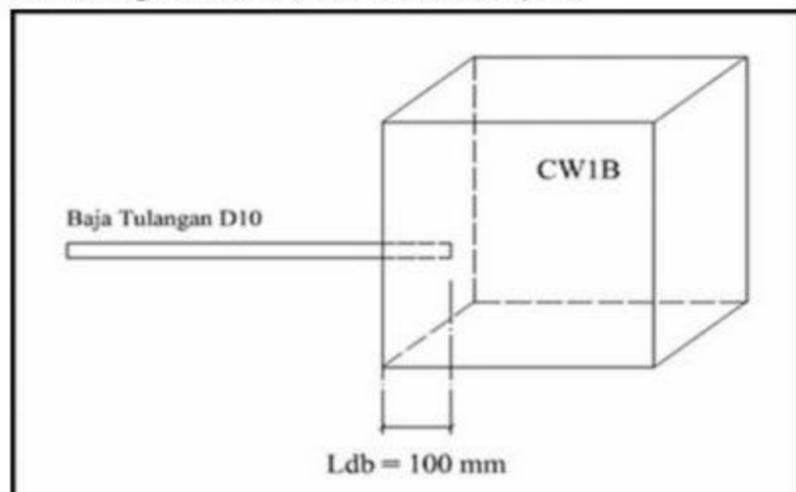
Setelah menghitung tulangan rencana dan panjang penyaluran yang dipakai untuk pelat lantai L3 as K-L/1-3, maka didapatkan tulangan yang dipakai D10-150 pada tulangan sumbu X maupun arah Y baik lapangan ataupun tumpuan, dan panjang penyaluran tulangan pelat lantai pada *core wall* CW1B adalah 240 mm.

Hasil penentuan tulangan pelat lantai L3 as K-L/1-3, pada tulangan sumbu X tumpuan maupun lapangan yaitu D10-150 terdapat perbedaan dengan tulangan yang terpasang di lapangan yaitu D10-200 yang berarti pelat lantai dengan tulangan D10-200 kekuatannya kurang memenuhi. Hal tersebut bisa diatasi dengan penambahan tulangan ekstra pada pelat lantai L3 as K-L/1-3 untuk menambah kekuatan pelat lantai sehingga penulangan yang dipakai di lapangan memenuhi.

Pada perhitungan panjang penyaluran tulangan pelat lantai L3 as K-L/1-3 pada *core wall* CW1B hasilnya tidak sama dengan panjang penyaluran tulangan yang diterapkan di lapangan yaitu sebesar 100 mm. Namun setelah memeriksa kapasitas leleh dengan kapasitas lekatan tulangan terhadap tarik, panjang penyaluran yang terpasang di lapangan masih memenuhi. Hasil perhitungan penulangan dan panjang penyaluran tulangan pelat lantai L3 as K-L/1-3 pada *core wall* CW1B dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 serta tabel 2.



Gambar 9. Penulangan Pelat Lantai L3 As K-L/1-3



Gambar 10. Panjang Penyaluran Tulangan pada Potongan A-A

Tabel 2. Hasil Perhitungan Penulangan dan Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Lantai As K-L/1-3 pada *Core Wall* CW1B

Model Pelat	Tulangan	Arah	Momen (kgm)	$A_{s_{ada}}$ (mm ²)	ρ_{ada}	Penulangan		Panjang Penyaluran (mm)	
						Hasil Perhitungan	Terpasang di Lapangan	Hasil Perhitungan	Terpasang di Lapangan
S1	Lapangan	X	548.80	612.50	0.00359	D10-150	D10-200	240	100
		Y	239.45	612.50	0.00359	D10-150	D10-200		
	Tumpuan	X	-1170.47	612.50	0.00359	D10-150	D10-200		
		Y	-847.74	612.50	0.00359	D10-150	D10-200		

KESIMPULAN

- Didapat tulangan rencana pelat lantai L3 as K-L/1-3 dari perhitungan berdasarkan pedoman yaitu tulangan berdiameter 10 mm dengan spasi 150 mm.
- Mendapatkan hasil diameter tulangan rencana berdasarkan perhitungan yang sama dengan tulangan yang terpasang di lapangan.
- Mendapatkan hasil panjang penyaluran tulangan pelat lantai L3 as K-L/1-3 pada *core wall* CW1B sebesar 240 mm dengan menggunakan cara teoritis.
- Panjang penyaluran yang terpasang di lapangan, yaitu 100 mm masih memenuhi syarat setelah ditinjau dari kuat lekatan dan kuat leleh tulangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ami. 2011. *Sistem Pelat Lantai (Struktur Beton II)*. Jakarta: Civil Engineering & Planning.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1978. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971) Penerbitan ke-6 April 1978*. Bandung: PU.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1981. *Peraturan Pembebanan Indonesia*

untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) Penerbitan pertama November 1981. Bandung: PU.

Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung – SK SNI T-15-1991-03*. Bandung: PU.

Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version) – SNI 03-2847-2002*. Bandung: PU.

Dwi, Nanggar R. 2013. *Proyek Pembangunan Auditorium Badan Diklat Kemendagri*. Depok: Universitas Gunadarma.

Hari, Rachman M. 2009. *Kuat Lekat dan Panjang Penyaluran Baja Polos pada Beton dengan Campuran Metakaolin, Slag dan Kapur Padam sebagai Pengganti Semen*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Irwansyah, Imron. 2011. *Saladdin Square Komplek Bisnis Terbesar di Depok*. Depok: Media Imronbiz.

Rizky, Andi N. Q. 2013. *Proyek Apartemen Margonda Residence 4 & 5*. Depok: Universitas Gunadarma.

