

# ANALISA PERBANDINGAN *DROP PANEL* DAN *TRANSVERSE SHEAR REINFORCEMENT* PADA STRUKTUR *FLAT SLAB* BETON BERTULANG

Zulfuadi Lubis<sup>1</sup> dan Torang Sitorus<sup>2</sup>

1Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Jl.Perpustakaan No.1 Kampus USU Medan

Email: [zulfuadi110404085@gmail.com](mailto:zulfuadi110404085@gmail.com)

2 Staf Pengajar Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Jl.Perpustakaan No.1 Kampus USU Medan

Email : [torangs02@gmail.com](mailto:torangs02@gmail.com)

## Abstrak

Pada perencanaan gedung struktur *flat slab*, kegagalan pons (*punching shear fealure*) di daerah pertemuan pelat dan kolom menjadi pertimbangan kritis. Pelat yang memberikan tekanan pada bagian kepala kolom hendak ditembus kolom dari bawah keatas. Keruntuhan pons ditandai dengan timbulnya retak-retak disekitar area pertemuan kolom dan pelat atau bahkan tertembus oleh kolom. Beberapa cara yang digunakan untuk mengantisipasi kegagalan pons tersebut diantaranya pemasangan *drop panel* atau *transverse shear reinforcement*. Penulisan ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan jumlah material gedung parkir *flat slab* dengan *drop panel* dan *flat slab* dengan *transverse shear reinforcement*. Tahap perencanaan lentur pelat menggunakan metode “direct design method”, pengaruh gempa menggunakan metode “respons spektrum” sesuai SNI 03-1726-2012, dan gaya-gaya luar kolom dihitung dengan bantuan program analisis struktur SAP2000v.14.

Berdasarkan hasil pembahasan diketahui bahwa pada gedung *flat slab* dengan *transverse shear reinforcement* volume beton yang digunakan lebih besar 1,23%. Untuk penggunaan besi tulangan, gedung *flat slab* dengan *drop panel* lebih besar 0,70%. Dan perpindahan horizontal maksimum puncak gedung  $\Delta_{xe}=120,6$  mm untuk gedung *flat slab* dengan *transverse shear reinforcement*, dan  $\Delta_{xe}=79,1$  mm untuk gedung *flat slab* dengan *drop panel*. Adapun keuntungan lebih dari gedung *flat slab* dengan *transverse shear reinforcement* memiliki spasi antar lantai ruangan yang lebih besar (3,75 m) dibandingkan dengan gedung *flat slab* dengan *drop panel* (3,67 meter). Saran untuk penelitian selanjutnya adalah dengan mencoba analisis kegagalan pons dengan variasi bentuk kolom yang berbeda-beda.

**Kata kunci:** *pons, punching shear fealure, flat slab, drop panel, transverse shear reinforcement, SNI 03-1726-2012, direct design method, respons spektrum, SAP2000v.14.*

## Abstract

*In terms of designing flat slab structures for building, Pons failure (punching shear failure) which occurs normally on the joint between column and plate becomes one of the critical design considerations. Plate which compresses the head of a column tries to penetrate through the plate from the bottom to the top. Pons failure is indicated by the appearances of cracks around the joints of column and plate; moreover, the plate can be penetrated by the column. Some measures can be undertaken to anticipate the pons failure, i.e., using drop panel or adding the transverse shear reinforcement. This work aims to know the comparison of material used in parking lot which is constructed using flat slab with respect to the measures stated before, namely, using drop panel and adding the transverse shear reinforcement. Direct design method is used to design the plate subjected to flexure whereas the effect of earthquake is calculated using response spectra as per SNI 03-1726-2012. In addition, the external loads acting on the columns are calculated using SAP2000v.14.*

*According to the analysis, it can be concluded that the volume of concrete used in constructing flat slab structure using transverse shear method is 1.23% greater than using another method. In terms of the use of bar reinforcement, drop panel method consumes 0.7% greater than the other one. Lateral displacement of the tip of the building ( $\Delta_{xe}$ ) is 20.6 mm using transverse shear reinforcement, whereas 79.1 mm using drop panel method. The advantage of using transverse shear method in designing flat slab structure is that it allows more clearance height (3.75 m) than using drop panel method (3.67 m). The further study is suggested to perform analysis of various type of column.*

**Keywords:** *pons, punching shear fealure, flat slab, drop panel, transverse shear reinforcement, SNI 03-1726-2012, direct design method, respons spektrum, SAP2000v.14.*

## 1. Pendahuluan

*Flat slab* beton merupakan salah satu metode konstruksi yang hanya menggunakan kolom dan slab sebagai media pemikul beban dari bangunan. Beban yang diletakkan pada pelat langsung didistribusikan ke kolom tanpa melalui struktur balok. Tidak digunakannya struktur balok memberikan keuntungan terhadap tinggi bersih dari satu lantai ke lantai berikutnya.

Pada mulanya sistem bangunan *flat slab* beton banyak digunakan pada bangunan rendah yang beresiko sangat kecil terhadap angin dan gempa. Namun dengan kemajuan teknologi yang menggunakan beton dan baja dengan mutu yang tinggi, sistem *flat slab* sudah banyak diterapkan pada bangunan tinggi.

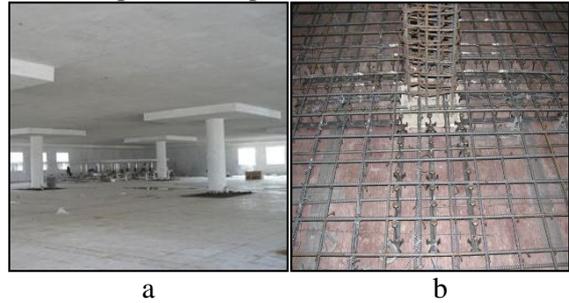
Pada perencanaan bangunan tinggi tanpa menggunakan balok, kegagalan geser merupakan pertimbangan kritis terutama pada bagian pertemuan antara kolom dan pelat. Pelat yang memberikan tekanan pada bagian kepala kolom akan memberikan tekanan yang hendak menembus pelat dari bawah keatas. Hal ini akan menimbulkan tegangan geser yang cukup besar pada area disekitar kolom bahkan dapat menimbulkan keruntuhan pons (*punching shear failure*). Keruntuhan pons ditandai dengan timbulnya retak retak di sekitar area pertemuan kolom dan pelat atau bahkan tertembus oleh kolom.



Gambar 1. Piper's Row Car Park, Wolverhampton, UK, 1997 (built in 1965)

Ada banyak cara yang digunakan untuk mengantisipasi terjadinya kegagalan pons (*punching shear failure*), contohnya dengan memberikan ketebalan yang cukup pada flat slab beton, pemasangan drop panel, pemasangan transverse shear reinforcement, dan lain-lain. Drop panel merupakan suatu usaha untuk memodifikasi bagian kepala kolom dengan cara mempertebal kepala kolomnya, sedangkan

*transverse shear reinforcement* adalah penulangan geser tambahan yang diberikan pada pelat didaerah pertemuan pelat-kolom.



Gambar 2. Contoh antisipasi kegagalan pons (a) Drop Panel (b) *Transverse Shear Reinforcement*. Pemilihan model desain flat slab ini akan berdampak pada jumlah material yang akan digunakan, jumlah beton dan baja tulangan akan menjadi pertimbangan utama untuk mencapai efisiensi biaya dalam pengaplikasiannya di lapangan. Atas dasar inilah penulis mencoba untuk menganalisa perbandingan yang didapat dalam penggunaan *drop panel* maupun *transverse shear reinforcement* pada struktur *flat slab* beton.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Pelat Datar (*Flat Slab*) Beton Bertulang

Yang dimaksud dengan pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut (Ali Yusrono, 2010:191). Pelat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai pada dermaga. Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan terjadinya momen lentur. Oleh karena itu pelat juga direncanakan terhadap beban lentur.

### 2.2 Metode desain langsung

Metode desain langsung merupakan metode perhitungan gaya lentur pelat yang diambil dari peraturan ACI yang menjelaskan prosedur untuk menentukan koefisien momen. Metode ini melibatkan analisa distribusi momen siklus tunggal dari struktur berdasarkan pada : (1) perkiraan kekakuan lentur struktur (pelat, balok/tanpabalok & kolom) dan (2) kekakuan torsi struktur (pelat dan balok/tanpa balok) transversal terhadap arah momen lentur yang ditentukan. Metode ini sudah digunakan bertahun-tahun dan

memberikan hasil yang baik. Tetapi, metode ini juga memberikan hasil yang tidak baik untuk keadaan pembebanan yang tidak simetris.

Peraturan SNI 2847-2013 mengizinkan penggunaan “metode desain langsung” dengan batasan-batasan yang harus dipenuhi sebagai berikut:

Harus terdapat minimum tiga bentang menerus dalam masing-masing arah.

Panel harus berbentuk persegi, dengan panel harus berjenis pelat dua arah.

Panjang bentang yang berturut-turut pusat ke pusat tumpuan dalam masing-masing arah tidak boleh berbeda dengan lebih dari sepertiga bentang yang lebih panjang.

Pergeseran (offset) kolom dengan maksimum sebesar 10 persen dari bentangnya (dalam arah pergeseran) dari baik sumbu antara garis-garis pusat kolom yang berturut-turut diizinkan

Semua beban harus akibat gravitasi aja dan didistribusikan merata pada panel keseluruhan. Beban hidup tak terfaktor tidak boleh melebihi dua kali beban mati tak terfaktor.

Untuk panel dengan balok diantara tumpuan pada semua sisinya, Persamaan berikut ini harus dipenuhi untuk balok dalam dua arah tegak lurus.

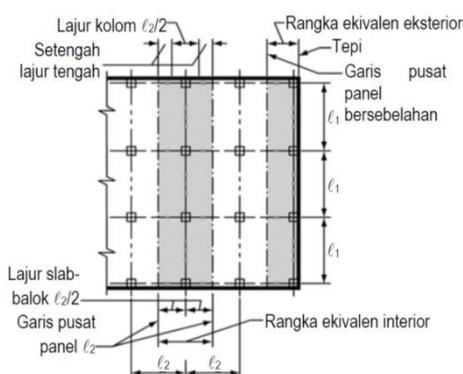
$$0,2 \leq \frac{\alpha_{11} \ell_2^2}{\alpha_{12} \ell_1^2} \leq 5,0$$

dimana  $\alpha_{11}$  dan  $\alpha_{12}$  dihitung dengan persamaan sebagai berikut

$$\alpha_1 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{ca} I_a}$$

Redistribusi momen seperti yang diizinkan oleh 8.4 tidak berlaku untuk sistem slab yang didesain dengan metode desain langsung. lihat Peraturan SNI 2847-2013 pasal 13.6.7.

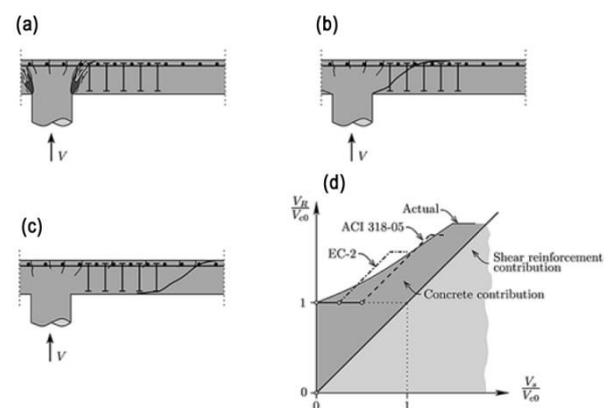
Variasi dari batasan peraturan nomer 1 diizinkan bila ditunjukkan dengan analisis bahwa persyaratan dari peraturan SNI 2847-2013 pasal 13.5.1 dipenuhi



Gambar 3. lajur kolom pada rangka ekuivalen  
Sumber : SNI 2847-2013

### 2.3 Penulangan Transverse Shear Reinforcement

Ruiz dan Aurelio (2009) berpendapat bahwa penulangan geser (*transversal shear reinforcement*) yang tegak lurus terhadap sumbu lentur dapat dimodifikasikan kedalam struktur pelat. Modifikasi yang dibuat dapat menggunakan teori teori penulangan geser yang berlaku pada balok. Penulangan *transversal shear reinforcement* diletakkan sekeliling daerah kritis yang berpotensi terjadinya kegagalan pons (*punching shear fealure*).



Gambar 4. Tipe-tipe keruntuhan pons yang mungkin terjadi pada *flat slab* (a)keruntuhan pons di sekitar tumpuan (b)keruntuhan pons di area penulangan *transverse shear reinforcement* disertai dengan lelehnya penulangan tersebut (c) kegagalan pons yang terjadi didaerah luar penulangan *transverse shear reinforcement* (d)Perbandingan teori pendekatan ACI-318-05 dan EC2 terhadap kegagalan geser aktual.

Sumber : ACI 106-S46

### 2.4 Kolom Beton Bertulang

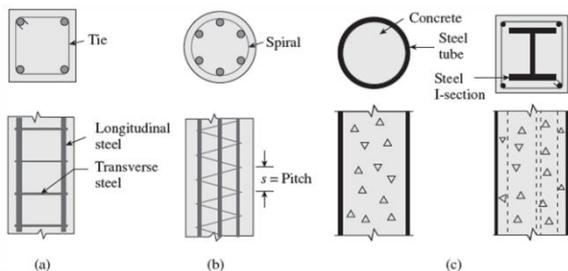
Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (*frame*) structural yang memikul beban dari balok atau lantai (tanpa balok). Kolom meneruskan beban beban dari elevasi yang teratas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya diteruskan ketanah melalui pondasi. Keruntuhan kolom akan berdampak pada keruntuhan lantai bahkan sampai keruntuhan struktul total keseluruhannya.

Peraturan SNI-2847-2013 memberikan nilai reduksi  $\phi$  kolom yang lebih kecil dari pada balok dan pelat untuk menghindari terjadinya keruntuhan kolom sebelum balok dan pelat mengalami keruntuhan terlebih dahulu. Dengan

memberikan nilai reduksi yang lebih kecil dibandingkan lantai dan balok diharapkan meminimalisir terjadinya kegagalan struktur yang dapat membahayakan manusia penghuni struktur.

Kolom dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuk dan susunan tulangnya. posisi beton pada penampangnya, dan panjang kolom terhadap dimensi lateralnya. Berdasarkan bentuk dan susunan tulangnya, kolom dapat dibagi menjadi tiga kategori sebagai berikut

- 1) Kolom segi empat atau bujur sangkar dengan tulangan memanjang dan sengkang
- 2) Kolom bundar dengan tulangan memanjang dan tulangan lateral berupa sengkang atau spiral
- 3) Kolom komposit yang terdiri atas beton dan profil baja structural didalamnya. Profil baja ini biasanya diletakkan didalam selubung tulangan biasa.



Gambar 5. Jenis kolom berdasarkan bentuk dan susunan tulangnya (a) kolom persegi beton bertulang (b) kolom bundar beton bertulang dengan sengkang atau spiral (c) kolom komposit Berdasarkan panjang terhadap dimensi lateralnya kolom juga di bagi menjadi dua kategori sebagai berikut :

Kolom pendek dimana keruntuhan kolom terjadi karena kegagalan materialnya (lelehnya baja atau hancurnya beton

Kolom panjang/ kolom langsing dimana keruntuhan kolom terjadi karena tekuk. Untuk mengetahui kolom berperilaku sebagai kolom pendek atau kolom panjang diperlukan data panjang efektif kolom  $kl_u$  dan jari-jari girasi kolom  $r$ . Tinggi  $l_u$  adalah panjang tak tertumpu (unsupported length) kolom. dan  $k$  adalah faktor yang bergantung pada kondisi ujung kolom. Apabila angka  $\frac{kl_u}{r} \leq 22$  maka kolom tersebut dikategorikan sebagai kolom pendek. Dan apabila angka  $\frac{kl_u}{r} > 22$  maka kolom tersebut dikategorikan sebagai kolom panjang/langsing.

## 2.5 Pengantar Umum Program SAP2000

Program SAP merupakan program yang berasal dari Universitas of California at Berkeley, USA, sekitar tahun 1970, dari tahun ketahun SAP mengalami perkembangan yang cukup berarti, dari SAP yang under DOS hingga sekarang sudah sampai ke SAP yang under window, Maka Untuk melayani keperluan komersial dari program SAP pada tahun 1975 dibentuklah perusahaan Komputer yang diberi nama, CSi (Computer and structure, Inc). Perusahaan ini dipimpin oleh Ashraf Habibullah, yang sampai sekarang masih tetap eksis dan berkembang.

Program SAP2000 ini memiliki beberapa kelebihan, terutama dalam perancangan struktur baja dan beton, dalam perancangan struktur baja SAP2000 dapat merancang elemen struktur dengan menggunakan profil baja yang optimal dan seekonomis mungkin, sehingga dalam penggunaannya tidak perlu menentukan elemen awal dengan profil pilihannya, tetapi cukup memberikan data profil dari database yang ada pada SAP2000, dan ini hanya berlaku untuk perancangan struktur baja, sedangkan untuk perancangan struktur beton kita tetap harus menentukan elemen awal sebagai asumsi awal perancangan yang kemudian nanti diperoleh luas tulangan totalnya.

## 3. Aplikasi dan pembahasan

### 3.1 Spesifikasi Rencana Gedung

Analisa struktur memerlukan beberapa parameter desain rencana maupun data kondisi lapangan, untuk itu peneliti perlu mengasumsikan beberapa parameter desain dan kondisi lapangan sebagai berikut:

#### 3.1.1 Untuk gedung *flat slab* dengan drop panel

##### a) Mutu beton

Mutu beton yang direncanakan memiliki kuat tekan  $f_c' = 25$  MPa. Nilai kuat tekan ini telah melebihi batas minimum SNI-2847-2013 yang disyaratkan  $\geq 17$  Mpa.

##### b) Mutu tulangan

Tulangan yang direncanakan menggunakan ulir dengan kuat leleh  $f_y = 420$  Mpa. Nilai kuat leleh ini telah memenuhi SNI-2847-2013 yang disyaratkan  $\geq 420$  MPa

##### c) Fungsi gedung

Gedung diasumsikan berfungsi sebagai gedung parkir berjenis gedung terbuka, dengan beban hidup  $L$  sebesar  $400 \text{ kg/m}^2$  sesuai dengan peraturan *SKBI-1.3.53.1987*. Kendaraan yang diizinkan hanya untuk kendaraan penumpang yang

mengakomodasi tidak lebih dari sembilan penumpang 3000lb (13,35KN).

d) Lokasi gedung.

Gedung diasumsikan terletak di wilayah kota medan dengan nilai :

$$S_s = 0,5 - 0,6 \text{ g}$$

$$S_1 = 0,3 - 0,4 \text{ g}$$

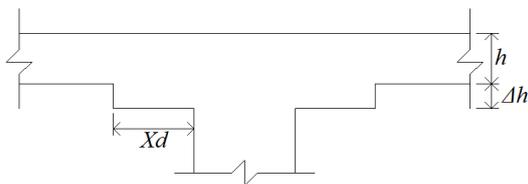
e) Jenis tanah setempat

Dalam analisa ini, tanah setempat diasumsikan telah diteliti melalui uji eksperimental *soil investigation* dengan menyatakan bahwa tanah tersebut tergolong kedalam kelas situs SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)

f) Denah gedung

Gedung diasumsikan berukuran panjang 40 meter (5 x 8m bentang as-as) lebar 40 meter (5 x 8 meter bentang as-as), terdiri dari 8 lantai tipikal dengan tinggi lantai dasar 5 meter dan lantai-lantai berikutnya setinggi 4 meter.

g) Dimensi *drop panel*



Gambar 6. Flat Slab dengan *Drop Panel*

Dimensi *drop panel* yang direncanakan harus memenuhi persyaratan berikut ini :

$$\frac{1}{6} \leq \frac{Xd}{\text{panjang bentang (jarak kolom - kolom)}} \leq \frac{1}{4}$$

$$\Delta h \geq \frac{1}{4} h$$

3.1.2 Untuk gedung *flat slab with tranverse shear reinforcement*.

a) Mutu beton

Mutu beton yang direncanakan memiliki kuat tekan  $f_c' = 25$  MPa. Nilai kuat tekan ini telah melebihi batas minimum SNI-2847-2013 yang disyaratkan  $\geq 17$  Mpa.

b) Mutu tulangan

Tulangan yang direncanakan menggunakan ulir dengan kuat leleh  $f_y = 420$  Mpa. Nilai kuat leleh ini telah memenuhi SNI-2847-2013 yang disyaratkan  $\geq 420$  MPa

c) Fungsi gedung

Gedung diasumsikan berfungsi sebagai gedung parkir berjenis gedung terbuka, dengan beban hidup L sebesar  $400 \text{ kg/m}^2$  sesuai dengan peraturan SKBI-1.3.53.1987. Kendaraan yang diizinkan hanya untuk kendaraan penumpang yang

mengakomodasi tidak lebih dari sembilan penumpang 3000lb (13,35KN).

d) Lokasi gedung.

Gedung diasumsikan terletak di wilayah kota medan dengan nilai :

$$S_s = 0,5 - 0,6 \text{ g}$$

$$S_1 = 0,3 - 0,4 \text{ g}$$

e) Jenis tanah setempat

Dalam analisa ini, tanah setempat diasumsikan telah diteliti melalui uji eksperimental *soil investigation* dengan menyatakan bahwa tanah tersebut tergolong kedalam kelas situs SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)

f) Denah gedung

Gedung diasumsikan berukuran panjang 40 meter (5 x 8 meter bentang as-as) lebar 40 meter (5 x 8 meter bentang as-as), terdiri dari 8 lantai tipikal dengan tinggi lantai dasar 5 meter dan lantai-lantai berikutnya setinggi 4 meter.

g) Perletakan tulangan *transverse shear reinforcement*

Tulangan *transverse shear reinforcement* disusun di daerah sekitaran kolom untuk mengantisipasi kegagalan pons. Penulangan disusun dengan jarak  $x$  dan di letakkan sejauh  $x$  dengan harapan kegagalan pons tidak dapat terjadi.

### 3.2 Pemodelan Struktur 3D

Dalam melakukan pemodelan struktur penulis menggunakan bantuan Program Sap2000.v.14 dalam pengaplikasiannya. Program Sap2000 digunakan untuk menganalisa gaya-gaya dan kekakuan struktur kolom.

### 3.3 Cek Kestabilan Struktur

Cek kestabilan struktur diperlukan untuk memastikan kemampuan struktur dalam menahan beban. Adapun beberapa hal yang perlu di cek berupa:

- 1) lendutan pelat lantai yang terjadi < lendutan izin lantai.
- 2) kemampuan (gaya dalam) kuat lentur lantai tereduksi > momen luar lantai terfaktor.
- 3) kemampuan (gaya dalam) kuat geser lantai tereduksi > gaya (luar) geser lantai terfaktor.
- 4) *safety factor* gaya geser (pons) pelat lantai > *safety factor* gaya lentur pelat lantai.
- 5) simpangan antar lantai yang terjadi < simpangan antar lantai izin.
- 6) kemampuan (gaya dalam) aksial-momen kolom tereduksi > gaya (luar) aksial momen kolom terfaktor.

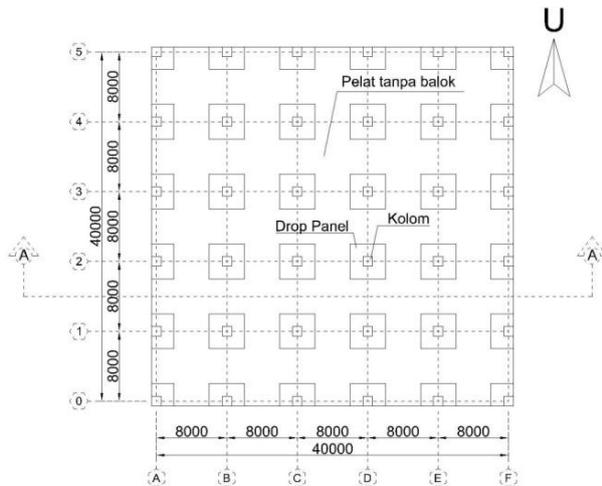
- 7) *safety factor* aksial-momen kolom > *safety factor* gaya geser (pons) pelat lantai.
- 8) kemampuan (gaya dalam) geser kolom tereduksi > gaya (luar) geser kolom terfaktor.
- 9) *safety factor* gaya geser kolom > *safety factor* aksial-momen kolom.

### 3.4 Analisa Perbandingan Kebutuhan Material.

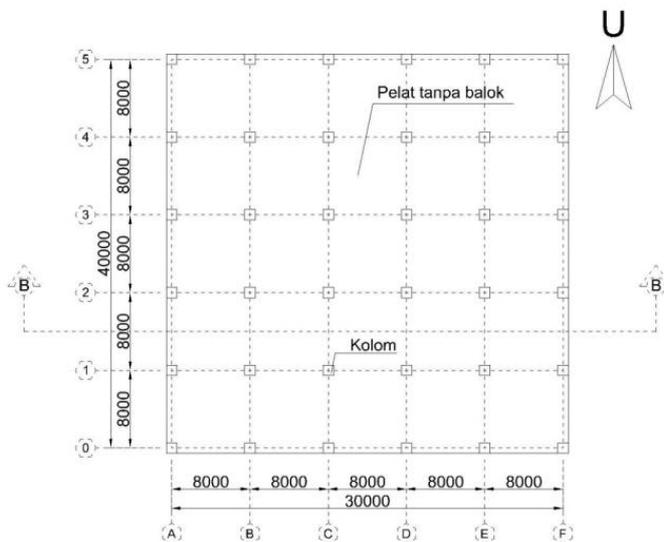
Setelah kestabilan struktur telah terpenuhi, material baja tulangan dan beton yang dibutuhkan dapat dihitung. Kebutuhan baja tulangan di buat dalam bentuk *bar banding schedule* untuk dihitung berat totalnya.

## 4. Hasil dan Pembahasan

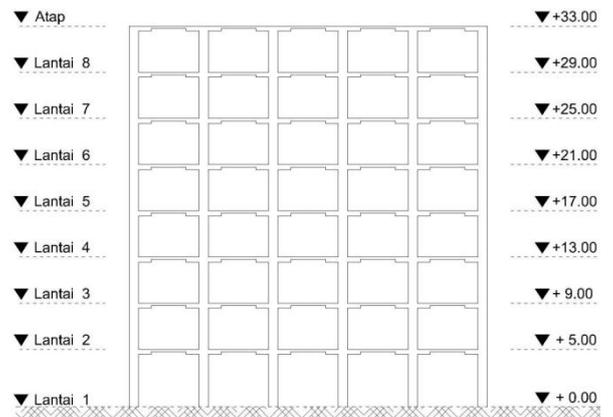
Berikut ini merupakan model denah rencana untuk struktur gedung parkir, dengan jumlah 8 lantai tipikal yang menjadi pembahasan penulis.



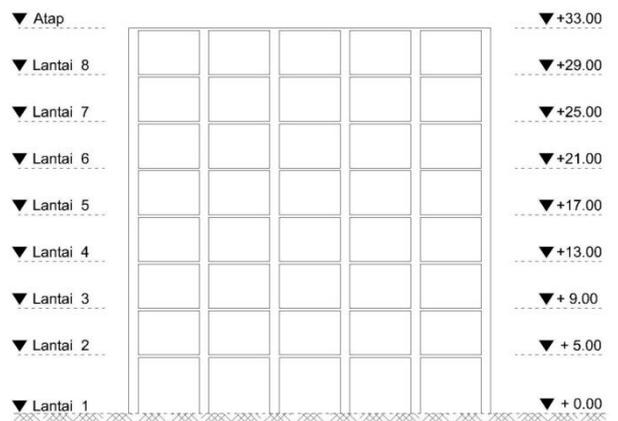
Gambar 7. Denah rencana struktur gedung *flat slab* dengan *drop panel*.



Gambar 8. Denah rencana struktur gedung *flat slab* dengan *transverse shear reinforcement*.



Gambar 9. Potongan A-A struktur atas, rencana struktur gedung *flat slab* dengan *drop panel*.



Gambar 10. Potongan B-B struktur atas, rencana struktur gedung *flat slab* dengan *transverse shear reinforcement*.

Untuk perhitungan gaya-gaya luar struktur, analisa struktur dimodelkan dalam portal ruang 3 dimensi dibantu dengan Program SAP2000.v.14 dengan metode pendekatan portal ekuivalen, sedangkan perhitungan gaya luar pelat menggunakan metode perencanaan langsung (*Direct Design Method*).

### 4.1 Pembebanan pelat lantai

Beban rencana yang bekerja pada struktur ini disesuaikan dengan Pedoman Perencanaan untuk Rumah dan Gedung (SKBI 1.3.53.1987). Untuk perencanaan pelat lantai, beban beban yang bekerja antara lain :

#### a) Beban mati (*Dead load*)

Beban mati adalah beban akibat berat sendiri pelat beton dengan massa jenis  $2400 \text{ kg/m}^3$  atau  $24 \text{ kN/m}^3$  ditambah dengan beban mati tambahan (*SiDL*)

b) Beban mati tambahan (*SiDL*) lantai dan atap  
 Spesi (2,5 cm) =  $1,0 \times 0,53 = 0,53 \text{ kN/m}^2$   
 Mekanikal/Elektrikal =  $1,0 \times 0,25 = 0,25 \text{ kN/m}^2$

Water proofing =  $1,0 \times 0,05 = 0,05 \text{ kN/m}^2$

$w_{SIDL} = 0,83 \text{ kN/m}^2$

c) Beban hidup (*Live load*)

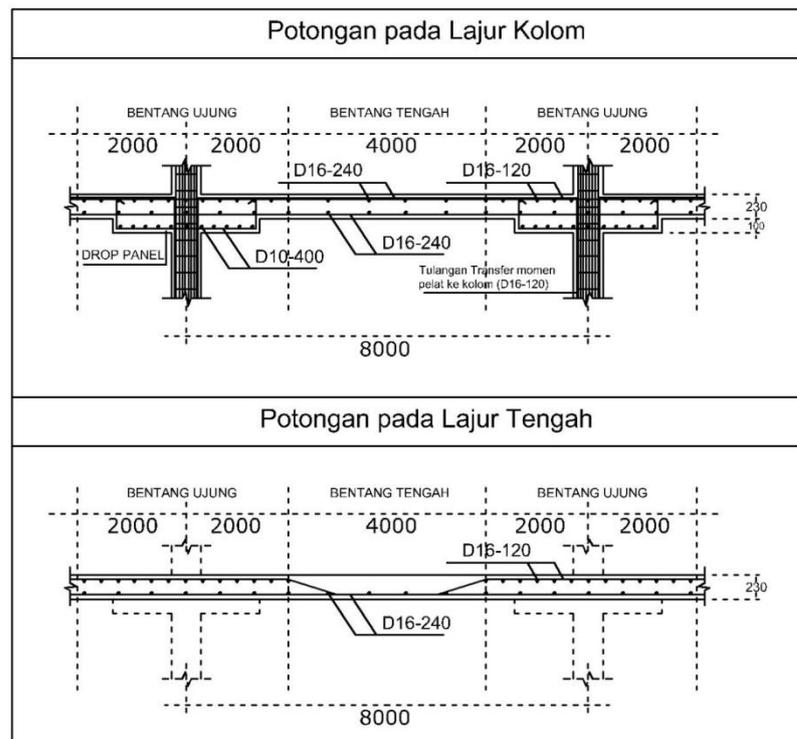
Beban hidup yang direncanakan sebesar  $400 \text{ kg/m}^2$  untuk beban pelat lantai 2 sampai lantai atap.

#### 4.2 Pelat lantai *flat slab* dengan *drop panel*

Berikut ini merupakan hasil perhitungan desain pelat lantai *flat slab* dengan *drop panel* dengan menggunakan metode desain langsung dalam cek kestabilan lentur pelat. Pada bagian ini juga menampilkan gambar sketsa potongan desain pelat

Tabel 1. Rencana Penulangan *Flat Slab* dengan *Drop Panel*

Arah Penulangan		Tebal Pelat Desain = 230 mm								
		Untuk Arah Utara / Selatan								
Lajur	Jenis Momen	Momen (kNm) tiap m <sup>2</sup>	A <sub>s</sub> perlu	dia. tul rencana	Jarak perlu (mm)	ter-pasang	A <sub>s</sub> tul aktual	A <sub>s</sub> tul min	A <sub>s</sub> tul maks	
Bentang Ujung	Kolom	Negatif Interior	122,58	1615	D16	124	D16-120	1809	650	3743
		Positif	72,94	927	D16	217	D16-240	1005	650	3743
		Negatif Eksterior	60,63	764	D16	263	D16-240	1005	650	3743
	Tengah	Negatif Interior	40,86	508	D16	396	D16-240	1005	650	3743
		Positif	48,63	608	D16	331	D16-240	1005	650	3743
		Negatif Eksterior	0	0	D16	0	D16-240	1005	650	3743
Bentang Dalam	Kolom	Rencana Negatif	113,91	1491	D16	135	D16-120	1809	650	3743
		Rencana Positif	49,13	614	D16	327	D16-240	1005	650	3743
	Tengah	Rencana Negatif	37,97	471	D16	427	D16-240	1005	650	3743
		Rencana Positif	32,75	404	D16	497	D16-240	1005	650	3743



Gambar 11. Sketsa potongan pelat struktur *Flat Slab* dengan *Drop Panel*

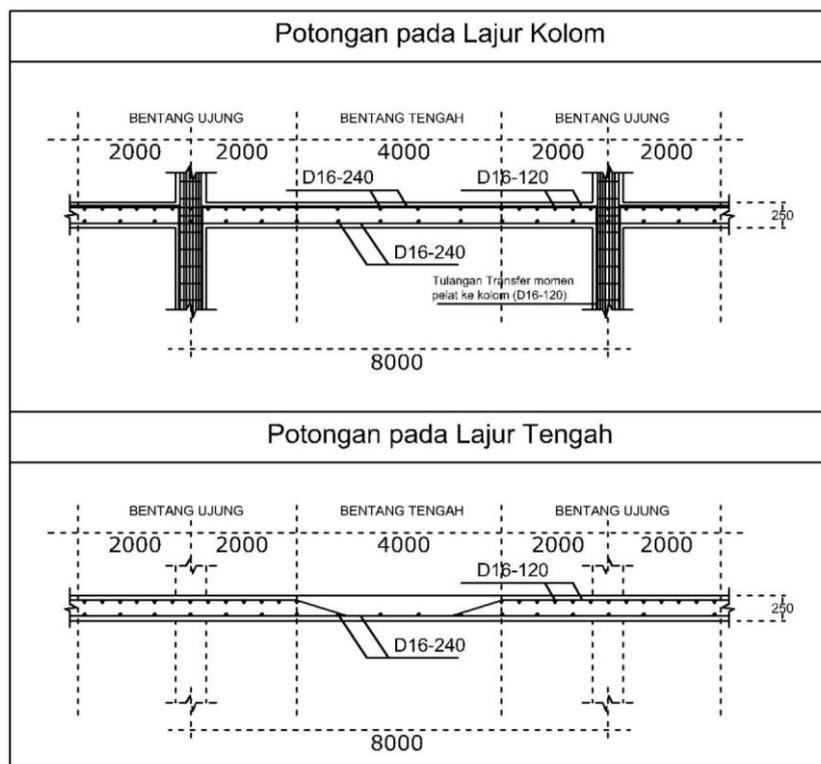
#### 4.3 Pelat lantai *flat slab* dengan *transverse shear reinforcement*

Berikut ini merupakan hasil perhitungan desain pelat lantai *flat slab* dengan *transverse shear*

*reinforcement* dengan menggunakan metode desain langsung dalam cek kestabilan lentur pelat. Pada bagian ini juga menampilkan gambar sketsa potongan desain pelat.

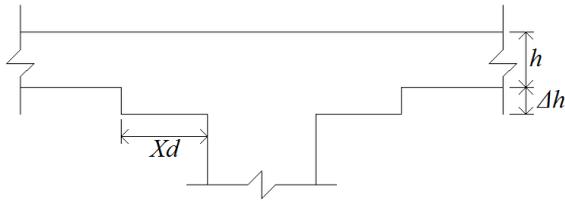
Tabel 2. Rencana Penulangan Flat Slab dengan Transverse Shear Reinforcement

Arah Penulangan		Tebal Pelat Desain = 250 mm								
		Untuk Arah Utara / Selatan								
Lajur	Jenis Momen	Momen (kNm) tiap m'	$A_s$ perlu	dia. tul rencana	Jarak perlu (mm)	ter-pasang	$A_s$ tul aktual	$A_s$ tul min	$A_s$ tul maks	
Bentang Ujung	Kolom	Negatif Interior	127,75	1508	D16	124	D16-120	1809	716	4123
		Positif	75,94	870	D16	217	D16-240	1005	716	4123
	Tengah	Negatif Eksterior	63,44	721	D16	263	D16-240	1005	716	4123
		Negatif Interior	42,56	478	D16	396	D16-240	1005	716	4123
		Positif	50,62	571	D16	331	D16-240	1005	716	4123
		Negatif Eksterior	0	0	D16	0	D16-240	1005	716	4123
Bentang Dalam	Kolom	Rencana Negatif	118,6	1393	D16	135	D16-120	1809	716	4123
		Rencana Positif	51,19	578	D16	327	D16-240	1005	716	4123
	Tengah	Rencana Negatif	39,5	443	D16	427	D16-240	1005	716	4123
		Rencana Positif	34,12	381	D16	497	D16-240	1005	716	4123



Gambar 12. Sketsa potongan pelat struktur *Flat Slab* dengan *Transverse Shear Reinforcement*

#### 4.4 Perencanaan geser flat slab dengan drop panel



Gambar 13. : Flat slab dengan drop panel

kolom interior

$$\frac{1}{6} \leq \frac{Xd}{\text{panjang bentang}} \leq \frac{1}{4}$$

$$X_d = 1650 \text{ mm}$$

$$\frac{X_d}{l_d} = \frac{1650}{8000} = \frac{1}{4,85}$$

$$\frac{1}{6} < \frac{X_d}{l_d} = \frac{1}{4,85} < \frac{1}{4} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$\Delta h \geq \frac{1}{4} h = \frac{1}{4} (230) = 57,5 \text{ mm,}$$

ambil  $\Delta h = 100 \text{ mm}$

Lebar dan panjang drop panel (mm)

$$\begin{aligned} P = L &= 2 X_d + \text{lebar kolom} \\ &= 2 (1650) + 700 \\ &= 4000 \text{ mm} \end{aligned}$$

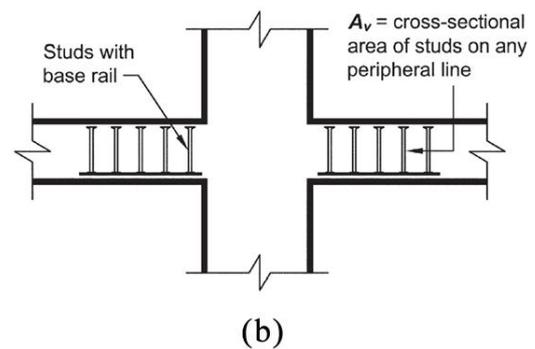
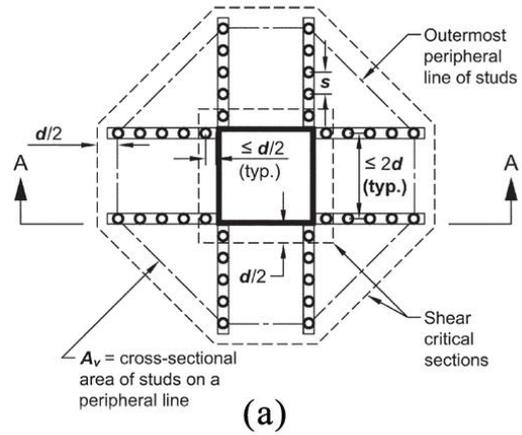
$$\begin{aligned} \text{dimensi drop panel} &= P \times L \times \Delta h \\ &= 4 \times 4 \times 0,1 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.5 Perencanaan geser flat slab dengan transverse shear reinforcement

Rencana tebal pelat desain  $h = 250 \text{ mm}$

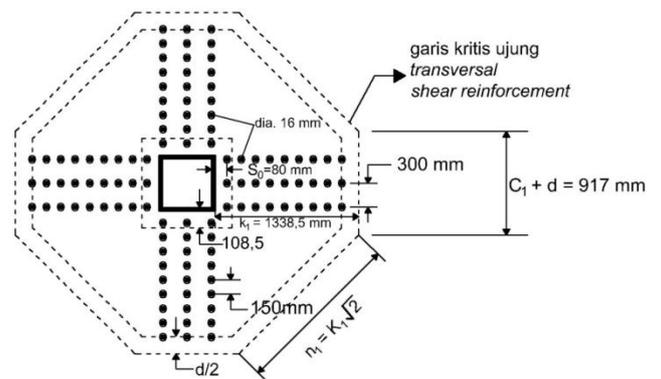
Persyaratan ACI - 318R - 14 Pasal 8.7.7

- $S_0 \leq d/2$   
( $S_0$  = jarak baris studs pertama ke muka kolom)
- $s \leq \frac{3}{4} d$   
jika  $V_n \leq \frac{\sqrt{f'_c} A_c}{2} \dots\dots (f'_c \text{ dalam MPa})$
- $s \leq \frac{1}{2} d$   
jika  $V_n > \frac{\sqrt{f'_c} A_c}{2} \dots\dots (f'_c \text{ dalam MPa})$



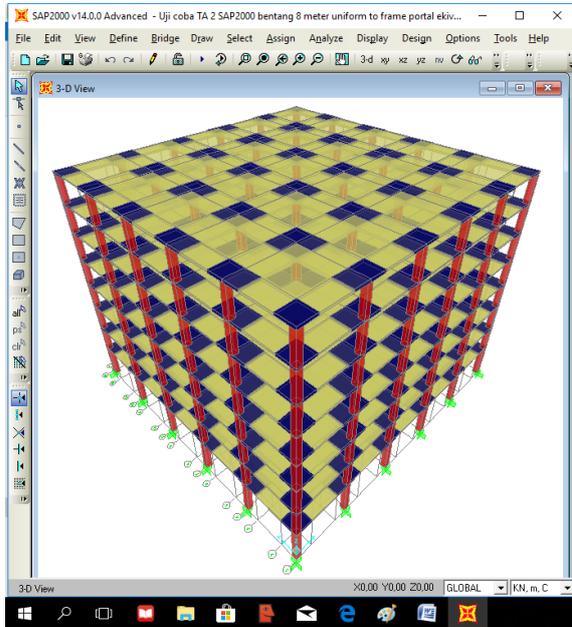
Gambar 14. Tata letak transverse shear reinforcement / headed studs  
(a) kolom interior (b) potongan A-A.  
(Sumber : ACI - 318R - 14)

Berikut ini merupakan desain rencana transverse shear reinforcement pada kolom interior



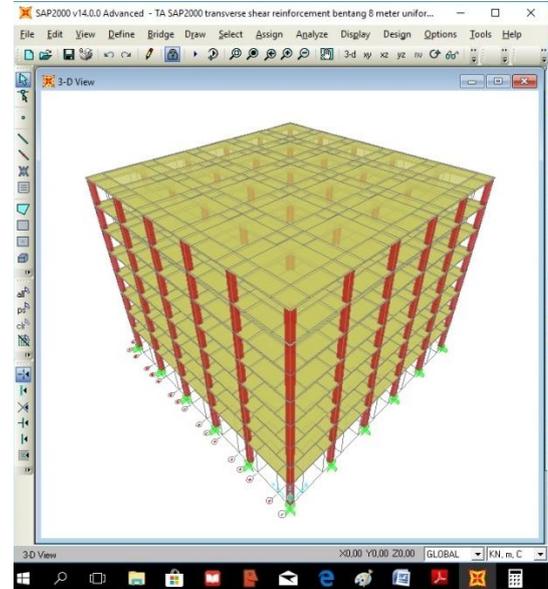
Gambar 15. : Rencana transverse shear reinforcement daerah kolom interior.

4.6 Kolom pada struktur *flat slab* dengan *drop panel* (Ringkasan pemodelan struktur pada program 14)  
 Pemodelan struktur 3 Dimensi yang telah dilakukan



Gambar 16. Tampilan 3D modeling struktur rencana pada Program SAP2000v.14

4.7 Kolom pada struktur *flat slab* dengan *transverse shear reinforcement* (Ringkasan pemodelan struktur pada program SAP2000v.14)  
 Pemodelan struktur 3 Dimensi yang telah dilakukan



Gambar 17. Tampilan 3D modeling struktur rencana pada Program SAP2000v.14

Tabel 3. Simpangan antar lantai akibat gempa pada SRPMM flat slab dengan drop panel

Lantai	Diaph	$h_i$ (m)	$\Delta_{xe}$ (mm)	$\Delta_e$ (mm)	Drift $\Delta_s$ (mm)	Syarat Drift $\Delta_{ijin}$ (mm)	Ket.
Lantai Atap	P1	33	79,1	356,0	14,9	100	OK
Lantai 8	P1	29	75,8	341,1	26,1	100	OK
Lantai 7	P1	25	70	315,0	36,9	100	OK
Lantai 6	P1	21	61,8	278,1	46,8	100	OK
Lantai 5	P1	17	51,4	231,3	55,4	100	OK
Lantai 4	P1	13	39,1	176,0	61,2	100	OK
Lantai 3	P1	9	25,5	114,8	61,7	100	OK
Lantai 2	P1	5	11,8	53,1	53,1	125	OK

Tabel 4. Simpangan antar lantai akibat gempa pada SRPMM flat slab dengan *transverse shear reinforcement*

Lantai	Diaph	$h_i$ (m)	$\Delta_{xe}$ (mm)	$\Delta_e$ (mm)	Drift $\Delta_s$ (mm)	Syarat Drift $\Delta_{ijin}$ (mm)	Ket.
Lantai Atap	P1	33	120,6	569,8	28,8	100	OK
Lantai 8	P1	29	114,5	541,0	45,4	100	OK
Lantai 7	P1	25	104,9	495,7	61,9	100	OK
Lantai 6	P1	21	91,8	433,8	78,0	100	OK
Lantai 5	P1	17	75,3	355,8	91,2	100	OK
Lantai 4	P1	13	56,0	264,6	99,2	100	OK
Lantai 3	P1	9	35,0	165,4	95,4	100	OK
Lantai 2	P1	5	14,8	69,9	69,9	125	OK

#### 4.8 Analisa Hasil Perhitungan.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Analisa Struktur *Flat Slab* dengan *Drop Panel* dan *Flat Slab* dengan *Transverse Shear Reinforcement*.

Kriteria		<i>Flat Slab</i> dengan <i>Drop Panel</i>	<i>Flat Slab</i> dengan <i>Transversal Shear Reinforcement</i>	Keterangan
Pembebanan	<i>SiDL</i>	83 kg/m <sup>3</sup>	83 kg/m <sup>3</sup>	Sama
	<i>LL</i>	400 kg/m <sup>3</sup>	400 kg/m <sup>3</sup>	Sama
Komponen Bangunan	Pelat	Tebal 230 mm + 100 mm <i>Drop Panel</i>	Tebal 250 mm	Beda
	Kolom	70 x 70 cm	70 x 70 cm	Sama
	Pondasi	Jepit	Jepit	Sama
Perhitungan Pelat		<i>Direct Design Method</i>	<i>Direct Design Method</i>	Sama
Momen Statis Terfaktor		747,13 kNm	779,1 kNm	<i>Flat Slab</i> dengan <i>Transversal Shear Reinforcement</i> Lebih Besar
Penulangan Bentang Ujung Pelat	Kolom	Negatif Interior	D16-120	D16-120
		Positif	D16-240	D16-240
		Negatif Eksterior	D16-240	D16-240
	Tengah	Negatif Interior	D16-240	D16-240
		Positif	D16-240	D16-240
		Negatif Eksterior	D16-240	D16-240
				Sama, tetapi <i>Flat Slab</i> dengan <i>Drop panel</i> diberi penulangan tambahan pada serat bawah <i>Drop Panel</i> sebagai tulangan rangkak dan suhu.
Penulangan Bentang Dalam Pelat	Kolom	Rencana Negatif	D16-120	D16-120
		Rencana Positif	D16-240	D16-240
	Tengah	Rencana Negatif	D16-240	D16-240
		Rencana Positif	D16-240	D16-240
				Sama, tetapi <i>Flat Slab</i> dengan <i>Drop panel</i> diberi penulangan tambahan pada serat bawah <i>Drop Panel</i> sebagai tulangan rangkak dan suhu.
Perioda		$T = 0,801 < C_u T_a$	$T = 0,762 < C_u T_a$	$C_u T_a = 1,517$
Spasi Ruang Antar Lantai		4,00-0,33 = 3,67 m	4,00-0,25 = 3,75 m	<i>Flat Slab</i> dengan <i>Transversal Shear Reinforcement</i> memiliki ruangan yang lebih nyaman
Berat Seismik Efektif (W)		15.553,04 Ton	15.664,25 Ton	<i>Flat Slab</i> dengan <i>Transversal Shear Reinforcement</i> lebih besar 0,715%
Volume Beton		3878,22 m <sup>3</sup>	3925,97 m <sup>3</sup>	<i>Flat Slab</i> dengan <i>Transversal Shear Reinforcement</i> lebih besar 1,231%
$V_{shear}$ dengan perioda pendekatan		8.392 KN	8.452 KN	<i>Flat Slab</i> dengan <i>Transversal Shear Reinforcement</i> lebih besar 0,715%
$V_t$ (Output SAP2000v.14)		7.155 KN	6.817 KN	<i>Flat Slab</i> dengan <i>Drop Panel</i> lebih besar 4,58 %
Perpindahan Horizontal Maksimum		79,1 mm	120,6 mm	<i>Flat Slab</i> dengan <i>Transversal Shear Reinforcement</i> lebih besar 52,465 % (pada lantai atap)
Penulangan Pelat		439.763 kg	435.985 kg	<i>Flat Slab</i> dengan <i>Drop Panel</i> lebih besar 0,866 %
Penulangan Kolom		106.804 kg	106.804 kg	Sama
Penulangan total		546.567 kg	542.789 kg	<i>Flat Slab</i> dengan <i>Drop Panel</i> lebih besar 0,696 %

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

- Berdasarkan hasil perencanaan bangunan gedung parkir beton bertulang SRPMM menggunakan flat slab dengan

drop panel dan flat slab dengan *transverse shear reinforcement*, dapat diperoleh kesimpulan.

- Spasi ruang antar lantai gedung flat slab dengan *transverse shear reinforcement* 3,75 meter lebih besar (nyaman)

- dibandingkan dengan gedung flat slab dengan drop panel 3,67 meter.
- c. Berat seismik bangunan untuk bangunan flat slab dengan transverse shear reinforcement 15.664,25 ton lebih besar 0,71% dari bangunan flat slab dengan drop panel 15.553,04 ton.
  - d. Perpindahan horizontal lantai atap gedung flat slab dengan transverse shear reinforcement 120,6 mm lebih besar 52,46% dari bangunan flat slab dengan drop panel 79,1 mm.
  - e. Volume beton bangunan flat slab dengan transverse shear reinforcement 3925,97 m<sup>3</sup> lebih besar 1,23% dari bangunan flat slab dengan drop panel 3878,22 m<sup>3</sup>.
  - f. Berat besi tulangan bangunan flat slab dengan drop panel yang dibutuhkan sebesar 546.567 kg lebih besar 0,70 % dari bangunan flat slab dengan transverse shear reinforcement sebesar 542.789 kg.

## 5.2 Saran

- a. Pengaruh gempa pada suatu perencanaan bangunan sangatlah penting untuk diperhitungkan. Bangunan harus didesain sedemikian rupa agar simpangan antar lantai yang terjadi lebih kecil dari simpangan antar lantai izin. Begitu juga dengan kapasitas geser kolom-kolom strukturnya, kapasitas geser kolom tereduksi harus lebih besar dari gaya geser terfaktor akibat gaya gempa.
- b. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah dengan mencoba analisis geser pons (*punching shear*) pada daerah kritis ujung kolom *flat slab* dengan variasi bentuk kolom yang berbeda-beda.

## 6. Referensi

- Anonim 1**, 1987, Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung - SKBI-1.3.53.1987". Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Anonim 2**, 20013. "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2013". Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Anonim 3**, 2012. "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur

Bangunan Gedung dan Non Gedung RSNI3 03-1726-2012". Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

- Anonim 4**, 2014. "Building Code Requirements for Structural Concrete ACI 318-14". American Concrete Institute. United State.
- Zardi, Muhammad**, 2015. "Perilaku Punching Shear Pada Hubungan Kolom Bulat dengan Flat Slab Akibat Beban Tekan Aksial". Jurnal Teknik Sipil Unaya, ISSN 2407-733X.
- Ruiz, F.M., dan Aurelio M.**, 2009. "Applications of Critical Shear Crack Theory to Punching of Reinforced Concrete Slab with Transverse Reinforcement". ACI STRUCTURAL JOURNAL. Title no. 106-S46.
- Ervianto, Denny dkk.**, 2012. "Studi Perbandingan Pelat Konvensional, Rib Slab dan Flat Slab Berdasarkan Biaya Konstruksi". Jurnal Teknik POMITS. Vol 1, No.1 (2012) 1-5.
- Ferguson, P.M.**, 1986, "Dasar-Dasar Beton Bertulang Versi SI, Edisi Keempat", Penerbit Erlanggaz:Jakarta.
- Nawy, E.G dan Bambang Suryatmono**, 1998. "Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar Edisi ke dua". Penerbit Refika Aditama:Bandung.
- McCormack, J.C dan Sumargo**, 2000. "Desain Beton Bertulang, Edisi ke lima, Jilid II". Penerbit Erlangga:Jakarta.
- Asroni, A.**, 2010. "Balok dan Pelat Beton Bertulang". Penerbit Graha Ilmu:Yogyakarta.
- Wang, C.K, Charles G. Salmon, dan Binsar Hariandja**, 1989. "Desain Beton Bertulang, Edisi ke empat, Jilid II". Penerbit Erlangga:Jakarta.