

KAJIAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG POLITEKNIK PERKAPALAN ITS DENGAN SISTEM PLAT DAN BALOK BIASA KONVENSIONAL DIBANDINGKAN SISTEM STRUKTUR *FLAT SLAB* DENGAN DROP PANEL DITINJAU DARI ESTETIKA, BIAYA DAN WAKTU

Moch. Chairul Munawar

Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
email: sipil@untag-sby.ac.id

Abstrak

Flat Slab merupakan sistem pelat dengan prinsip menggantikan fungsi balok sepanjang garis kolom dengan pelat lantai, sedangkan balok tepi boleh tetap diadakan. *Flat slab* mempunyai kekuatan geser cukup dengan adanya drop panel. Pembahasan ini adalah untuk mengetahui hasil dari sistem *Flat Slab* sekaligus perbandingan pelat dengan balok biasa konvensional, sehingga diketahui kelebihan dan kekurangan masing jenis struktur tersebut ditinjau dari estetika, biaya dan waktu pelaksanaan. Estetika disimpulkan bahwa fungsi bangunan dalam hal kajian ini mempunyai bobot yang sama tergantung karakteristik bangunan itu sendiri. Pada koridor manajemen konstruksi keefisienan dan keefektifan bukan berarti murah tapi bisa juga mahal, karena estetika mempunyai resiko lainnya. Mungkin juga mahal pada awalnya dan murah dari segi *maintenancenya* secara kontinyuitas. Dari segi biaya sistem *Flat Slab* hanyalah pada pekerjaan pembesian sedang pada sistem konvensional ditempati pekerjaan bekisting dan pembesian sehingga disimpulkan biaya lebih murah pada sistem struktur *Flat Slab*. Dari segi waktu terdapat selisih waktu pelaksanaan sekitar 1 hari bisa dilihat dalam analisis waktu sehingga disimpulkan penggunaan struktur *Flat Slab* lebih tepat. Hasil analisis ini dapat dijadikan referensi bagi perencana teknik sipil dan owner untuk menentukan jenis struktur yang diinginkan sesuai kebutuhan dan karakteristik jenis bangunan yang digunakan.

Kata Kunci : *Flat Slab*, Drop Panel, Pelat dengan balok biasa konvensional

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam pembangunan suatu gedung yang baik tentunya dituntut untuk dapat digunakan sesuai dengan fungsinya dengan umur pakai yang lama serta dengan konstruksi yang kuat dan kokoh, sehingga perlu adanya suatu struktur yang berfungsi memberikan kekuatan dan kekakuan untuk mencegah sebuah bangunan mengalami keruntuhan. Dalam data *eseisting* yang ada di lapangan penggunaan struktur plat dan balok biasa konvensional akan dikaji untuk dibandingkan dengan penggunaan sistem struktur *Flat Slab* dengan *Drop Panel* ditinjau dari estetika, biaya dan waktu.

Seiring dengan perkembangan ilmu dan teknologi serta seni dalam beberapa dekade terakhir, memunculkan ide akan suatu model bangunan yang mampu

memberikan ruang yang luas tanpa adanya struktur yang dapat menghalangi atau mengurangi estetika serta memiliki kekuatan yang memadai. Untuk itu, seringkali digunakan struktur pelat beton tanpa balok (*flate plate/Flat Slab*) yang diprategangkan.

Struktur *Flat Slab* dengan *Drop Panel* ini merupakan sistem struktur dengan pelat beton bertulang yang diperkuat dua arah langsung ditunjang oleh kolom, dengan adanya *Drop Panel* / pembesian dimensi diujung kolom. Sehingga otomatis hal ini akan mengurangi ketinggian bangunan dan memperbesar tinggi bebas antar lantai (*Edward G. Nawy, 1990*). Hal ini membuat struktur *Flat Slab* menjadi efisien dan ekonomis dari segi material dan pelaksanaan serta lebih indah jika ditinjau dari segi estetikanya sehingga menjadi salah satu alternatif paling disukai dan

banyak digunakan oleh para perancang di negara-negara maju serta mulai dikembangkan dan dicoba oleh negara-negara berkembang.

Penggunaan sistem *Flat Slab* dengan *Drop Panel* struktur bangunan mempunyai kelebihan-kelebihan bila dibandingkan Sistem *Flat Plate* dan balok biasa konvensional sebagai berikut: (Ese Soedarsono, 2002)

1. Fleksibilitas terhadap tata ruang
2. Waktu pengerjaan yang relatif lebih pendek, karena hal ini dapat dilihat dari proses pembuatan dimana pengecoran plat dapat langsung dilakukan tanpa perlu mengecor balok lebih dulu.
3. Kemudahan dalam pemasangan instalasi *mechanical* dan *elektrical*
4. Menghemat tinggi bangunan
Tinggi ruang bebas lebih besar dikarenakan tidak adanya pengurangan akibat balok dan komponen pendukung struktur lainnya
5. Pemakaian tulangan plat bisa dengan tulangan fabrikasi

Dan membatasi masalah penerapan struktur balok - plat lantai. Dengan tinjauan membandingkan hasil Estetika, perhitungan volume, RAB dan waktu antara struktur plat dan balok biasa konvensional dengan struktur *Flat Slab* dengan *Drop Panel*.

1.2. Rumusan Masalah

Dasar penerapan Kajian pada struktur balok-plat lantai di Gedung POLTEK PERKAPALAN ITS adalah untuk membandingkan Estetika, biaya konstruksi pelaksanaan dan waktu antara struktur plat dan balok biasa konvensional dengan struktur *Flat Slab* dengan *Drop Panel*.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui ke efektifitasan dalam membandingkan nilai Estetika.
2. Untuk mengetahui ke efektifitasan dalam membandingkan nilai Biaya.

3. Untuk mengetahui ke efektifitasan dalam membandingkan nilai waktu pelaksanaan antara struktur *Flat Slab* dan *Drop Panel* dengan *plat* dan balok biasa konvensional.

4. Untuk dasar mengetahui ketepatan penggunaan kedua struktur tersebut sesuai karakteristik fungsi bangunan.

Sehingga menjadikan suatu pilihan pemakaian struktur yang sesuai dengan karakteristik dimana sedang direncanakan akan direalisasi dibangun.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pelat beton bertulang merupakan salah satu dari elemen struktur yang umum dan sering digunakan dalam konstruksi, dimana dalam struktur pelat beton digunakan untuk mendapatkan suatu permukaan yang datar, sejak pertama kali diperkenalkan.

Sistem pelat beton bertulang terdiri dari beberapa sistem struktur, dimana faktor ekonomi dan perkembangan metode konstruksi yang digunakan menjadi faktor yang berpengaruh dalam menentukan sistem struktur yang akan digunakan. Sistem pelat ini secara umum dapat dikelompokkan dalam dua kategori, yaitu: pelat dengan balok dan pelat tanpa balok. Pelat dengan balok adalah pelat yang menumpu pada balok atau gelagar di setiap-tepinya, sedangkan pelat tanpa balok adalah pelat yang secara langsung menumpu pada kolom-kolom tanpa adanya balok di sepanjang garis kolom.

2.1. Struktur *Flat Slab* dengan *Drop Panel*

Flat Slab dengan *Drop Panel* atau disebut juga lantai cendawan adalah pelat beton bertulang yang langsung ditumpu oleh kolom-kolom, dicirikan dengan tidak adanya balok sepanjang garis kolom dalam, namun balok tepi luar boleh jadi ada atau tidak disesuaikan dengan kebutuhan. *Flat Slab* mempunyai kekuatan geser yang cukup dengan adanya *Drop Panel* yang

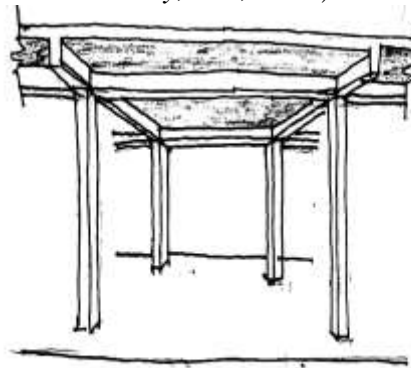
merupakan penebalan plat di daerah kolom atau dibuatnya kepala kolom, yaitu pelebaran yang mengecil dari ujung kolom atas. Secara relatif dapat dikatakan bahwa *Flat Slab* lebih cocok untuk panel yang lebih besar atau beban yang lebih berat, dibandingkan dengan *Flat Plate* (C.K.Wang, Charles G.Salmon, 1992). Penggunaan *Flat Slab* memberikan keuntungan yaitu memungkinkan ketinggian struktur yang maksimum, fleksibilitas pemasangan saluran penghawaan (AC) dan alat-alat penerangan. *Flat Slab* sangat sesuai untuk beban berat dan bentang panjang, meskipun bekisting lebih mahal dibandingkan dengan pelat datar. *Flat Slab* akan memerlukan beton dan tulangan yang lebih sedikit dibandingkan pelat datar untuk beban dan bentang yang sama (J.O. McCormac, 2000).

Flat Slab dengan *Drop Panel* dibuat terutama untuk beban yang lebih berat dan bentang yang lebih panjang dan khususnya menggunakan kepala kolom yang melebar dan seringkali flat dipertebal sekeliling kolom, yang dinamakan flat tiang (***Drop Panel***), beban hidup untuk *Flat Slab* ini diatas 5kPa sehingga sudah sejak lama diakui sebagai konstruksi yang paling ekonomis (Ferguson, P.M.; Susanto, B. 1991).

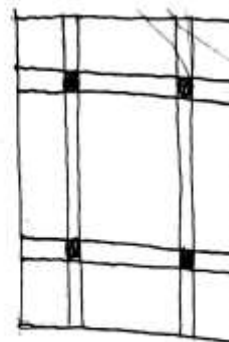
Terkait dengan daktilitas struktur, sistem struktur *Flat Slab* mempunyai parameter aktual daktilitas yang lebih kecil dibandingkan dengan sistem struktur balok kolom karena jumlah sendi plastis yang terjadi di *Flat Slab* lebih sedikit dibandingkan dengan sistem struktur balok kolom. Hal ini menyebabkan proses disipasi energi (penyerapan energi gempa) pada sistem struktur *Flat Slab* lebih terbatas bila dibandingkan dengan balok kolom (Rina Yuandha D, Ariane Viky S, 2007). Ini menjadi salah satu kelemahan penggunaan *Flat Slab* bila dibandingkan dengan balok.

Kolom juga dapat mempunyai penampang konstan atau dibesarkan untuk membentuk suatu kepala kolom (*Column*

head). Pelat tiang bermanfaat dalam mengurangi tegangan geser pons yang mungkin ditimbulkan oleh kolom terhadap pelat, dan pertebalan ini juga meningkatkan besarnya momen lawan di tempat-tempat dimana momen-momen negatif terbesar. Pada umumnya dipakai dengan beban-beban hidup yang melebihi 7 kN/m² atau sekitar itu (Mosley, W.H dan Bungey, J.H, 1989). Slab merupakan elemen horizontal utama yang menyalurkan beban hidup dan beban mati ke dalam rangka pendukung vertikal dari suatu sistem struktur (Dr. Edward G. Nawy, P.E, 1998).



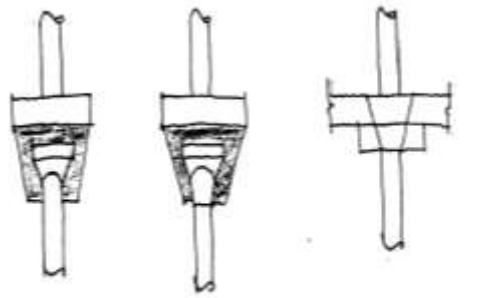
Plat dan balok biasa di tumpu kolom



Denah plat, dan balok biasa



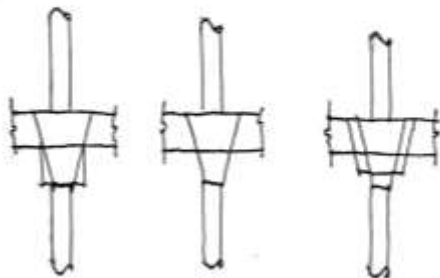
Kolom dengan *Drop Panel*



a. Kolom dengan Drop Panel

b. Kolom dengan drop panel dan Kepala kolom

c. Lasi geser plat dapat diperbesar (jika tegangan gesernya kecil) dengan menggunakan drop panel



d. Kepala Kolom

Penggunaan kepala kolom dapat memperbesar panjang rentai sehingga las geser plat bertambah. Material di bawah bidang rentai geser diagonal tidak aktif sehingga dapat dihilangkan

e. Drop panel dan kepala kolom. Baik drop panel maupun kepala kolom dapat digunakan secara simultan untuk memperbesar kapasitas geser struktur. Cara demikian digunakan apabila gaya geser yang terjadi sangat besar

Karakteristik *Flat Slab* diantaranya yaitu :

1. Jarak span 15-20 ft
2. Mampu menahan beban gravity yang lebih besar daripada sistem *Flat Plate*
3. Menggunakan *Drop Panel* untuk mengurangi tegangan geser pada kolom

2.2. Struktur Plat dan balok biasa Konvensional

Sistem Struktur plat dan balok biasa Konvensional merupakan bagian struktur bangunan yang menahan beban permukaan (beban vertikal), biasanya mempunyai arah

horizontal, dengan permukaan atas dan bawahnya sejajar. Pelat dapat ditumpu balok beton bertulang, dinding pasangan batu atau dinding beton bertulang, batang-batang struktur baja, dapat ditumpu secara langsung oleh kolom, atau tertumpu secara menerus oleh tanah. Pelat dapat ditumpu biasanya pada dua sisi yang berlawanan saja, yang biasanya disebut pelat satu arah (*one way*).

Pelat juga dapat ditumpu pada keempat sisinya yang biasanya disebut pelat dua arah (*two way*). Pada kondisi ini beban lantai dipikul dalam kedua arah oleh keempat balok pendukung sekeliling panel. Apabila perbandingan panjang terhadap lebar sebuah panel pelat lebih besar atau sama dengan 2, maka sebagian besar beban akan ditahan oleh pelat dalam arah pendek terhadap balok-balok penunjang dan sebagai akibatnya akan diperoleh aksi pelat satu arah, walaupun keempat sisinya diberi tumpuhan

2.3. Balok Beton

Balok juga merupakan salah satu pekerjaan beton bertulang. Balok merupakan bagian struktur yang digunakan sebagai dudukan lantai dan pengikat kolom lantai atas. Fungsinya adalah sebagai rangka penguat horizontal bangunan akan beban-beban.

Apabila suatu gelagar balok bentangan sederhana menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur akan terjadi deformasi (regangan) lentur di dalam balok tersebut. Regangan-regangan balok tersebut mengakibatkan timbulnya tegangan yang harus ditahan oleh balok, tegangan tekan di sebelah atas dan tegangan tarik dibagian bawah. Agar stabilitas terjamin, batang balok sebagai bagian dari sistem yang menahan lentur harus kuat untuk menahan tegangan tekan dan tarik tersebut karena tegangan baja dipasang di daerah tegangan tarik bekerja, di dekat serat terbawah, maka secara teoritis balok disebut sebagai bertulangan baja tarik saja (Dipohusodo,1996).

Untuk menjadi penyaluran gaya yang baik di dalam balok, maka di daerah momen lapangan dan momen tumpuan maksimum dianjurkan supaya antara batang tulangan utama tidak melebihi 150 mm. Bila momen di suatu tempat menurun, jarak batas ini dapat digandakan menjadi 300 mm. Oleh karena itu, dalam sebuah penampang balok persegi setidaknya harus terdapat empat batang tulangan dipasang pada tiap sudut penampang, batang-batang disudut ini dan yang membentang sepanjang balok dilingkari oleh sengkang-sengkang. Agar mendapatkan kekakuan secukupnya bagi sengkang tulangan dianjurkan agar menggunakan batang-batang yang diameternya tidak kurang dari 6 mm.

Persyaratan balok menurut PBT 1971.N.I - 2 hal. 91 sebagai berikut :

- 1) Lebar badan balok tidak boleh diambil kurang dari 1/50 kali bentang bersih. Tinggi balok harus dipilih sedemikian rupa hingga dengan lebar badan yang dipilih.
- 2) Untuk semua jenis baja tulangan, diameter (diameter pengenal) batang tulangan untuk balok tidak boleh diambil kurang dari 12 mm. Sedapat mungkin harus dihindarkan pemasangan tulangan balok dalam lebih dari 2 lapis, kecuali pada keadaan-keadaan khusus.
- 3) Tulangan tarik harus disebar merata didaerah tarik maksimum dari penampang.
- 4) Pada balok-balok yang lebih tinggi dari 90 cm pada bidang-bidang sampingnya harus dipasang tulangan samping dengan luas minimum 10% dari luas tulangan tarik pokok. Diameter batang tulangan tersebut tidak boleh diambil kurang dari 8 mm pada jenis baja lunak dan 6 mm pada jenis baja keras.
- 5) Pada balok senantiasa harus dipasang sengkang. Jarak sengkang tidak boleh diambil lebih dari 30 cm, sedangkan dibagian balok sengkang-sengkang bekerja sebagai tulangan geser. Atau jarak sengkang tersebut tidak boleh

diambil lebih dari $2/3$ dari tinggi balok. Diameter batang sengkang tidak boleh diambil kurang dari 6 mm pada jenis baja lunak dan 5 mm pada jenis baja keras.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Objek Kajian

Yang digunakan sebagai objek kajian yang dibahas adalah berupa Perbandingan antara struktur plat dan balok biasa konvensional dengan struktur *Flat Slab* dengan *Drop Panel*, dilihat dari estetika, biaya dan waktu.

3.2. Data Eisting

Data Eisting adalah Bangunan Kuliah Politeknik Perkapalan ITS Surabaya 4 lantai

3.3. Metode Pengumpulan Data

- Melihat kasus dilokasi secara realita
- Studi literatur
- Hasil dalam perkuliahan

3.4. Analisis Data

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis untuk melihat pengaruh estetika, biaya, dan waktu pada struktur *Flat Slab* dengan *Drop Panel* terhadap struktur plat biasa konvensional.

Adapun detailnya :

- Metode *Flat Slab* dengan *Drop Panel*
Jumlah Lantai : 2 sampai 4 Lantai
Mutu Beton : K-300
- Metode plat dan balok biasa Konvensional
Jumlah Lantai : 2 sampai 4 Lantai
Mutu Beton : K-300

Variasi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ada 3, yaitu Estetika bangunan, Variasi biaya yang digunakan, dan Variasi waktu

1. Estetika

Bangunan dilihat dari keindahan bentuk dan kegunaannya apakah sesuai dengan sifat dan karakter fungsi bangunan tsb

2. Variasi biaya yang digunakan
Pada variasi ini, di perbandingkan biaya yang digunakan antara ke 2 bentuk struktur tersebut dilihat dari penggunaan bahan, begisting dan efisiensi pekerjaan sehingga diketahui biaya yang efisien dan efektif untuk digunakan dalam pembangunan bangunan
3. Variasi Waktu
Pada Variasi ini, diperbandingkan waktu yang digunakan dalam pelaksanaan bangunan tersebut, sehingga diketahui waktu pelaksanaan untuk digunakan dalam pembangunan bangunan.

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Perbandingan Biaya

4.1.1. Data Perencanaan Struktur *Flat Slab*

Struktur yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sistem struktur berbahan beton bertulang dengan data perencanaan sebagai berikut :

1. Tipe bangunan : Sekolah
2. Mutu beton : 30 MPa
3. Mutu baja tulangan : 400 MPa

4.1. Perencanaan dimensi plat dan *Drop Panel*

Tebal minimum pelat tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua harus memenuhi ketentuan SNI 03 – 2847 – 2002 Ps.11.5.3.2 Perencanaan pelat didasarkan pada panel dengan ukuran 7,2 m x 7,2 m, λ_n = bentang terpanjang = 7200 mm. Menganalisa data yang akan ditindaklanjuti dengan perhitungan. Tebal minimum pelat tanpa balok interior yaitu SNI 03-2847-2002 hal 278 :

$$h_{\min} = \frac{7200}{33} = 218,2 \text{ mm}$$

jadi tebal plat yang dipakai 22 cm untuk keseluruhan h_{atap} diambil 20cm

4.1.2. Perencanaan *Drop Panel*

Direncanakan *Drop Panel* untuk menahan gaya geser :

$$L_{\text{Drop Panel}} \geq \frac{1}{6} L$$

$$L_1 = 720 \text{ cm}, L_{\text{Drop Panel}} =$$

$$\frac{1}{6} \times 720 = 120 \text{ cm}$$

Direncanakan lebar *Drop Panel* keseluruhan 120 cm untuk arah x dan 120 untuk arah y, diukur dari pusat kolom

$$h_{\text{Drop Panel}} \geq \frac{1}{4} h_{\text{pelat}}$$

$$h_{\text{Drop Panel}} \geq \frac{1}{4} \times 22$$

$$h_{\text{Drop Panel}} \geq 5,5 \text{ cm}$$

Tebal *Drop Panel* tidak boleh melebihi :

$$h_{\text{Drop Panel}} \leq \frac{1}{4} \text{ jarak tepi kolom ekuivalen}$$

ke tepi *Drop Panel*

$$h_{\text{Drop Panel}} \leq \frac{1}{4} \times 35$$

$$h_{\text{Drop Panel}} \leq 8,75 \text{ cm}$$

Direncanakan tebal *Drop Panel* untuk keseluruhan lantai = 10 cm

- Menganalisa data dengan perhitungan kolom

Didapat total pembebanan pada kolom DL = 283255,2 kg/m²

- Menganalisa data dengan perhitungan lantai atap

Didapat total pembebanan pada lantai atap DL = 31242,1 kg/m²

Akibat beban hidup:

Pada pelat : $7,2 \times 7,2 \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 6 = 77760 \text{ kg}$

Jadi Berat Total : $W = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$

$$= 1,2 (283255,2) + 1,6 (77760)$$

$$= 464323 \text{ kg.}$$

Akibat beban hidup:

Pada pelat : $7,2 \times 7,2 \times 100 \text{ kg/m}^2 \times 1 = 5184 \text{ kg}$

$$W_{\text{atap}} = ((1,2 \times 31242,1) + 1,6 \times (5184))$$

$$= 45664,9 \text{ kg}$$

$$W_{\text{total}} = 464323 + 45664,9$$

$$= 509987 \text{ kg}$$

Mutu Beton = 30 MPa = 300 Kg/cm² (1MPa = 10 kg/cm²).

$$0,33 \times f_c' = \frac{P}{A}$$

Dimensi

$$: A = \frac{P}{0,33 \times f'c} = \frac{509987,9}{0,33 \times 400} = 3865 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dimensi : } b^2 = 3865 \text{ cm}^2$$

$$b = 65,16 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

Jadi Dimensi Kolom yang digunakan = 70/70 cm.

4.2. Perencanaan Pelat

4.2.1. Perencanaan Lentur Pelat

Perhitungan penulangan dengan data- data sebagai berikut :

- Mutu beton ($f'c$) = 30 Mpa
- Mutu baja tulangan (f_y) = 400 Mpa
- h pelat = 22 cm
- h *Drop Panel* = 10 cm
- Ukuran plat = 720 x 720 cm²
- Ukuran *Drop Panel* = 240 x 240 cm²

Dari hasil analisa 3 dimensi menggunakan program bantu SAP 8.42, didapatkan momen plat sebagai berikut :

Arah x

$$Mu = 43104,3 \text{ kgm} \text{ (Rata}^2 \text{ tumpuan \& lapangan jalur kolom)}$$

$$Mu = 5919,3 \text{ kgm} \text{ (Rata}^2 \text{ tumpuan \& lapangan jalur tengah)}$$

Arah y

$$Mu = 43325,6 \text{ kgm} \text{ (Rata}^2 \text{ tumpuan \& lapangan jalur kolom)}$$

$$Mu = 5907,3 \text{ kgm} \text{ (Rata}^2 \text{ tumpuan \& lapangan jalur tengah)}$$

4.2.2. Penulangan Jalur Kolom

Daerah Tumpuan dan Lapangan

Selimut beton = 20 mm

Tulangan pokok = D 22

$$d = h \text{ pelat} - \text{selimut} - \frac{1}{2} \phi \text{ Tulangan pokok}$$

$$= 220 - 20 - 1/2.22$$

$$= 189 \text{ mm}$$

$$d' = h - d = 220 - 189 = 31 \text{ mm}$$

$$Mu = 43104,3 \text{ kgm} = 4,3 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

Digunakan tulangan D 22 – 50

Tulangan bawah minimum g harus dipasang menerus sepanjang bentang arah x = $\frac{1}{4} \times As = \frac{1}{4} \times 7560 = 1890$ yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah y = $\frac{1}{3} \times As = \frac{1}{3} \times 7560 = 2520 \text{ mm}^2$

$$As' = \rho' \times b \times d$$

$$= 0,02 \times 1000 \times 189$$

$$= 3780 \text{ mm}^2 > 1890 \text{ mm}^2$$

(memenuhi standart)

Digunakan tulangan D 22 – 90

5.2.3. Penulangan jalur tengah

Daerah Tumpuan

Selimut beton = 20 mm

Tulangan pokok = D 16

$$d = h \text{ pelat} - \text{selimut} - \frac{1}{2} \phi \text{ Tulangan pokok}$$

$$= 220 - 20 - 1/2.16 = 192 \text{ mm}$$

$$d' = \text{selimut} + \frac{1}{2} \phi \text{ Tulangan pokok}$$

$$= 20 + 1/2.16 = 28 \text{ mm}$$

$$Mu = 5919,3 \text{ kgm} = 5,9 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

Digunakan tulangan D 16 – 120

Digunakan tulangan D 16 – 150

4.3. Perencanaan Kolom

Dalam perencanaan ini sebagai contoh perhitungan diambil kolom interior As 11-B. Posisi kolom dapat dilihat pada Gambar 6.8. Data-data perencanaan sebagai berikut:

- Dimensi kolom = 700 x 700 mm²
- Tebal pelat = 220 mm
- Mutu beton, $f'c$ = 30 MPa
- Mutu baja, f_y = 400 MPa
- Selimut beton = 40 mm (SNI 03-2847-2002 Ps. 9.7.1)
- Tulangan utama = D22)
- Sengkang = Ø12 mm
- L kolom = 4000 mm

Data Perencanaan Struktur Sistem Konvensional

Struktur yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sistem struktur berbahan beton bertulang dengan data perencanaan sebagai berikut :

- Tipe bangunan : Sekolah
- Mutu beton : 30 MPa
- Mutu baja tulangan : 400 MPa

Preliminary Design Balok

Tinggi balok minimum tanpa memperhitungkan lendutan menurut SNI 03-2847-2002 Tabel 8.

- Untuk dua tumpuan sederhana

$$h_{\min} = \frac{l}{16} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

- Untuk dua tumpuan menerus

$$h_{\min} = \frac{l}{21} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

- Untuk satu tumpuan menerus

$$h_{\min} = \frac{l}{18,5} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

➤ **Dimensi Balok Anak dan Balok Induk** (lihat Gambar 4.1 dan 4.2)

Balok Induk: L = 720 cm

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$= \frac{1}{16} \times 720 \times \left(0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$= 43,7 \text{ cm}$$

$$\approx 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 60$$

$$= 40 \text{ cm}$$

- ❖ Jadi digunakan balok induk arah memanjang ukuran **40/60 cm**

Balok Induk L = 400 cm

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$= \frac{1}{16} \times 400 \times \left(0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$= 24,3 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 50 = 40 \text{ cm}$$

- ❖ Jadi digunakan balok induk arah melintang 400 cm ukuran **40/50 cm**

4.4. Perhitungan Pelat

➤ **Perhitungan Kontrol Tebal Pelat**

Dalam perencanaan tebal pelat, diambil pelat dengan bentang terbesar, salah satunya adalah

$$L_x = 720 \text{ cm.}$$

$$L_y = 720 \text{ cm.}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{720}{720} = 1 \leq 2, \quad \text{maka}$$

dikategorikan pelat dua arah.

Tabel Perhitungan Biaya Konstruksi Sistem Konvensional

Untuk nilai didapat dari data perhitungan lapangan

| No | Jenis Pekerjaan | Satuan | Volume | Nilai HSPK | Biaya |
|----|--|--------|-----------|--------------|-----------------------|
| 1 | Beton Struktur | m3 | 157,8 | Rp 698.000 | Rp 110.144.400 |
| 2 | Begisting Kolom Kolom : Utama 12D-22 Senggang Ø10 –100mm | m2 | 246,4 | Rp 271.000 | Rp 66.774.400 |
| 3 | Begisting Balok Balok : Tumpuan = 5D28 Lapangan = 2D28 | m2 | 253,44 | Rp 283.000 | Rp 77.723.520 |
| 4 | Begisting Plat Plat : Ø12 –150mm | m2 | 462,4 | Rp 271.000 | Rp 125.310.400 |
| 5 | Pembesian | kg | 16.606,94 | Rp 19.900 | Rp 330.478.106 |
| | | | | Total | Rp 710.430.826 |

Tabel Perhitungan Biaya Konstruksi Sistem Flat Slab

Untuk nilai didapat dari data perhitungan lapangan

| No | Jenis Pekerjaan | Satuan | Volume | Nilai HSPK | Biaya |
|----|---|--------|-----------|--------------|-------------------------|
| 1 | Beton Struktur | m3 | 162,88 | Rp 698.000 | Rp 113.690.240 |
| 2 | Begisting Kolom Kolom : Utama 12D-22 Senggang Ø12 –100mm | m2 | 246,4 | Rp 271.000 | Rp 66.774.400 |
| 3 | Begisting Plat Plat : Jalur Kolom D22-90 Jalur Tengah D16-150 | m2 | 524,2 | Rp 271.000 | Rp 146.936.200 |
| 4 | Pembesian | kg | 47.511,54 | Rp 19.900 | Rp 945.479.685,8 |
| | | | | Total | Rp 1.272.880.526 |

4.5. Pembahasan Biaya

Dari tabel diatas, maka dapat diketahui perbandingan antara biaya konstruksi sistem konvensional dengan biaya konstruksi sistem *Flat Slab*. Dengan demikian Sistem konstruksi Konvensional lebih murah bila dibandingkan Sistem konstruksi *Flat Slab*.

Secara keseluruhan, dapat dikatakan bahwa pekerjaan pembesian sistem *Flat Slab* lebih tinggi daripada sistem konvensional. Hal ini juga dikarenakan sistem *Flat Slab* membuat pelat yang pada sistem konvensional merupakan struktur sekunder menjadi struktur primer. Struktur primer menyebabkan pelat sistem *Flat Slab* harus ditulangi menerus sepanjang bentang baik daerah tekan maupun daerah tarik. Pada sistem struktur lantai konvensional hal ini tidak terjadi. Daerah lapangan hanya ditulangi pada daerah tarik. Penggunaan

tulangan pada pelat *Flat Slab* juga menggunakan tulangan ulir atau *deformed*.

Tabel Kriteria perbandingan estetika, biaya dan waktu kajian struktur plat dan balok biasa konvensional dibandingkan sistem struktur *Flat Slab* dengan *Drop Panel*

| Jenis Struktur | Kriteria Perbandingan | | |
|--|---|---|---|
| | Estetik | Biaya | Waktu |
| Plat dan balok biasa konvensional | Dari segi estetika cukup baik dan menunjang tergantung karakteristik tinggi bangunan. Cocok untuk bangunan : a. Komersil b. Busines c. Bangunan berlantai banyak d. Kurang sinergi dengan utilitas e. Untuk fleksibilitas ruang kurang memenuhi | Untuk struktur, sistem ini lebih murah Rp110.144.400, - dan mahal untuk pekerjaan begisting balok dan plat Rp203.033.920, - | Waktu lama dilihat untuk begisting dan pemsiesan satu lantai saja butuh waktu 1,541 hari dalam luas bidang 519 m ² . |
| <i>Flat Slab</i> dan <i>Drop Panel</i> | Dari segi estetika cukup baik dan menunjang, tergantung karakteristik fungsi bangunan. Cocok untuk bangunan : a. Gedung serba guna b. Classroom c. Bangunan Religi d. Terbatas pada jumlah lantai tidak lebih dari lantai 5 e. Sinergi dengan utilitas serta fleksibilitas ruang | Untuk struktur sistem ini lebih mahal Rp113.690.240, - dan murah untuk pekerjaan begisting plat saja Rp146.936.200, - | Waktu tidak lama, untuk pemsiesan dan begisting satu lantai saja hanya butuh waktu 0,583 hari. |

V. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat kami ambil dari keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penelitian ini :

1. Dilihat dari segi estetika disimpulkan bahwa fungsi bangunan dalam hal kajian struktur bangunan teknik perkapalan ITS dengan sistem plat dan balok konvensional dibandingkan sistem struktur *Flat Slab* dengan *Drop Panel* mempunyai bobot yang sama,

tergantung karakteristik bangunan itu sendiri. Sehingga dalam analisis ini bisa dimaknai bahwa dalam koridor manajemen kontruksi keefesienan dan keefektipan bukan berarti murah tapi bisa juga mahal, karena estetika mempunyai resiko lainnya, mungkin juga mahal pada awalnya pada lainnya murah pada segi maintenance-nya secara kontinyuitas.

2. Sistem *Flat Slab* walaupun volume pekerjaan pemsiesan lebih besar, sebenarnya memiliki keunggulan jika dibandingkan dengan sistem konvensional. Pada sistem konvensional, komponen biaya tertinggi ditempati oleh pekerjaan bekisting dan pekerjaan pemsiesan. Berbeda dengan hal ini, komponen pekerjaan yang menghasilkan biaya tinggi pada sistem *Flat Slab* hanyalah pekerjaan pemsiesan. Oleh karena itu, jika menginginkan biaya yang lebih rendah untuk sistem *Flat Slab*, maka yang perlu dilakukan adalah menekan biaya pekerjaan pemsiesan.
3. Dilihat dari segi waktu, untuk pemsiesan satu lantai saja terdapat selisih waktu pelaksanaan antara Struktur *Flat Slab* dengan *Drop Panel* dan Struktur plat dan balok konvensional. Hal ini dikarenakan bentuk tulangan sistem *Flat Slab* yang sederhana
4. Didalam menentukan ketepatan penggunaan kedua struktur tersebut perlu ditinjau karakteristik fungsi bangunan, karena masing-masing kedua struktuir tersebut mempunyai kelebihan dan kelemahan dalam faktor estetika, biaya dan waktu pelaksanaan.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil kajian sitem struktur gedung yang telah dilakukan, maka disarankan :

- Perlu memperhitungkan aspek mutu bangunan tersebut apabila menggunakan sistem *Flat Slab*.

- Mempertimbangkan aspek-aspek yang lain sehingga pihak Owner merasa puas perlu dilakukan studi lebih lanjut dan mendalam sehingga hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yaitu kuat, ekonomis dan tepat waktu dalam pelaksanaannya.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983**. Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Husin, Nur Ahmad. 2006. **Struktur Beton I**. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS.
- McCormack, C., Jack, **Desain Beton Bertulang**, Jilid 1, Erlangga, Jakarta, 2000.
- Nawy, Edward G, Dr.P.E. 1990-1998. **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar**. Bandung : Refika Aditama.
- Purwono, Rachmat, dkk. 2007. **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI-03-2847-2002 Dilengkapi Penjelasan (S-2002)**. Surabaya : itspress.
- Salmon, G. Wang, **Disain Beton Bertulang 1,2**, Erlangga, Jakarta, 1992.
- Schodek, Daniel L. **Structures**, PT Refika Aditama
- Tanggoro, Dwi, Sadli S, Kuntjoro S, A, **Ilmu Bangunan Struktur bangunan Tinggi dan Bentang lebar**, Penerbit Konversitus Indonesia (U.i Press), 2005 vii, 143 hlm, 23cm, Jakarta
- Tavio dkk, **Tata Cara Perencanaan Struktur Beton (SNI 03-2847-2002)**
- Disertai Penjelasan (S-2000)**, ITS Press, Surabaya, 2004.
- Internet**
- D. Arine Viky S, 2007 Analisis kinerja struktur beton dengan system balok kolom dan *flat slab* terhadap beban gempa kuat undergraduate theses from JB PTIT BP/2011-05-12 11:15:34 dibuat : 2007-06-00
- Dipohusodo, 1996 <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-undergraduate-10037> Bibliography.pdf
- Ferguson, P:M; Susanto, B.1991 <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-undergraduate-14741-paper-pdf.pdf> ITB Central library, jl. Ganesha 10 Bandung 40132 indonesia E-mail cko digilib@lib.itb.ac.id
- Salmon, G. Wang [iscribd//www.scribd.Com/mobile/doc/117232508? T=43](http://www.scribd.com/mobile/doc/117232508?T=43)
- Soedarsono, 2002 <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-undergraduate-17104-paper-572050-pdf>
- Szilard Rudolph 1998 makalah tugas akhir Digilib ITS-Institut Teknologi Sepuluh Nopember <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-undergraduate-15952.paper-pdf.pdf>
- W.H: Mosley dan JH, bungey 1989 makalah tugas akhir-Digilib ITS-Institut Teknologi sepuluh Nopember <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-undergraduate-15952-paper-pdt.pdf>.
- Winter George dan Nilson Arthur H 1993 <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-undergraduate-7796-3104100125-kesimpulan.pdf>