

PERENCANAAN GEDUNG SEKOLAH MENENGAH ATAS DENGAN SISTEM PELAT SATU ARAH DAN DUA ARAH

(*Plan of Building High School with Oneway Slab and Twoway Slab*)

Rizky Iqbal Rahmatullah Saepudin Putra¹, Cece Suhendi², Paikun³

^{1,2,3}Universitas Nusa Putra

Korespondensi Penulis: Kp. Sawahlega RT.05/RW.01 Desa Mangkalaya Kab. Sukabumi
Email: iqrasaputra19@gmail.com, cece.suhendi@nusaputra.ac.id, paikun@nusaputra.ac.id

Diterima: September 2019; Direvisi (Revised): Desember 2019; Disetujui untuk Dipublikasikan (Accepted):
Maret 2020

ABSTRAK

Pelat merupakan salah satu komponen struktur yang memiliki peran penting dalam meningkatkan fungsi kegunaan bangunan. Dalam pelaksanaannya, pelat dapat dibagi menjadi dua yaitu sistem pelat satu arah dan sistem pelat dua arah. Perbedaannya terletak pada asumsi distribusi beban yang disalurkan ke balok. Pada beberapa model bangunan, terdapat model yang hanya cocok dengan sistem pelat dua arah, begitu pun sebaliknya. Oleh karena itu perlu dilakukan studi perbandingan dilihat dari segi efisiensi biaya dan kebutuhan material. Pengambilan data dilakukan dengan observasi langsung ke lapangan untuk mendapatkan ukuran lahan. Objek penelitian berupa gedung sekolah dua lantai dengan ukuran denah kelas 9x8 meter, dilakukan analisa dengan metode perencanaan elastis. Setiap dimensi komponen struktur dibuat serupa antara sistem pelat satu arah dan dua arah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selisih anggaran biaya antara sistem pelat satu arah dan dua arah senilai 2%, lebih ekonomis sistem pelat dua arah. Perbedaan yang signifikan terletak pada volume beton. Sistem pelat satu arah lebih boros pada balok anak senilai 35%. Sementara untuk besi tulangan, sistem pelat satu arah 10% lebih banyak daripada sistem pelat dua arah.

Kata kunci: Pelat satu arah, pelat dua arah, struktur lentur.

ABSTRACT

Slab is one of structure's component which has an important role in improving the function of building use. The implementation can be divided into two models, there are oneway slab and twoway slab. The differences in assuming distribution of load to beam. In some building's model, there are models that only fit by twoway slab, and vice versa. Therefore a comparative study is needed to be done from the aspect of cost efficiency and material requirements. Data retrieval is done by direct observation into the field to obtain the floor plan. Object study is a two stories of school building with floor plan 9x8 meters and done with elastic method. Each dimension of structure's component are same between one way slab and two way slab. The results of this study shows that differences of cost between one way slab and two way slab is 2%, more efficient two way slab. A significant difference is in volume of concrete. Oneway slab is more 35% extravagant in concrete beam. Meantime, for the rebar, oneway slab is more 10% than twoway slab.

Keywords: Oneway slab, twoway slab, flexible structure

PENDAHULUAN

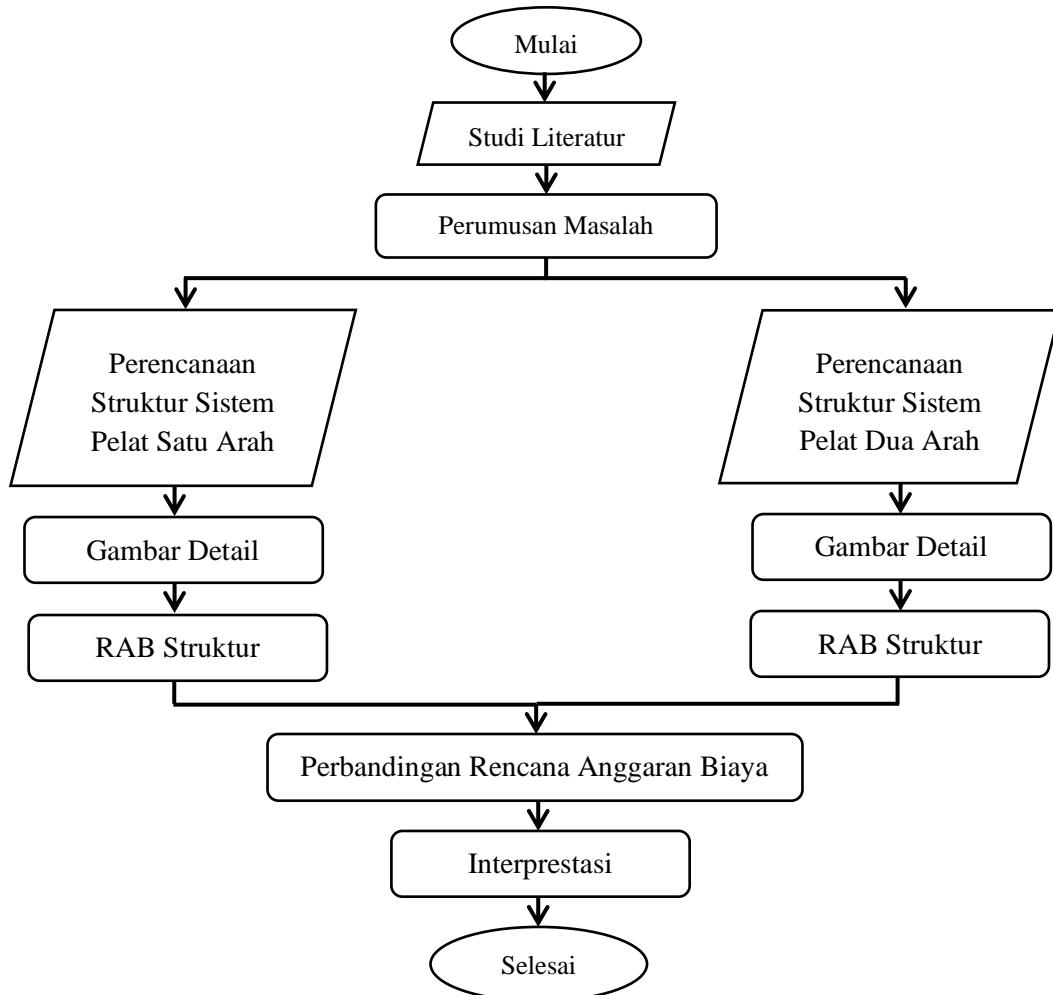
Menurut William A. Shrode dan Paul Davidov, "Perencanaan adalah suatu metode atau tolak ukur dalam melakukan dan menetapkan tindakan di lapangan." Suatu perencanaan bangunan harus direncanakan dengan mementingkan segi struktural bangunan, dimana setiap komponen struktur mampu bekerja menahan beban. Tidak hanya hal itu, segi arsitektural juga perlu diperhitungkan untuk mendukung kenyamanan pengguna bangunan.

Bangunan gedung sekolah secara ruang lingkup pendidikan disesuaikan dengan asumsi normal jumlah siswa per kelas. Ukuran ruangan belajar perlu disesuaikan dengan jumlah siswa karena akan memengaruhi suasana kegiatan belajar mengajar. Fasilitas dan kenyamanan tempat belajar menjadi salah satu faktor terciptanya pendidikan yang berkualitas. Mengenai kekuatan struktur, komponen seperti kolom, balok, dan pelat, masing-masing diperlukan analisa struktur pembebanan dan dimensi yang akurat. Struktur merupakan sarana untuk menyalurkan beban dan akibat penggunaan atau kehadiran bangunan ke dalam tanah. Pemilihan kualitas material yang tepat diperlukan untuk membuat struktur, seperti persentase agregat, pasir, dan semen, jenis pemberian serta ukuran penampang. Sehingga secara keseluruhan perlu dihitung dan dianalisis untuk membuat suatu bangunan yang kuat dari segi struktural.

Salah satu komponen struktur dalam menahan beban adalah pelat. Secara geometri, penerapan pelat dibagi menjadi dua yaitu sistem pelat satu arah (*One Way Slab*) dan pelat dua arah (*Two Way Slab*). Perbedaannya terletak pada ukuran bentang penampang. Dikatakan satu arah jika rasio antara bentang terpanjang dan terpendek adalah lebih dari dua. Dan dikatakan dua arah jika rasio antara bentang terpanjang dan terpendek adalah kurang dari dua. Pada penelitian ini terjadi perbedaan perilaku struktur dan anggaran biaya antara sistem pelat satu arah dan dua arah pada bangunan sekolah dua lantai.

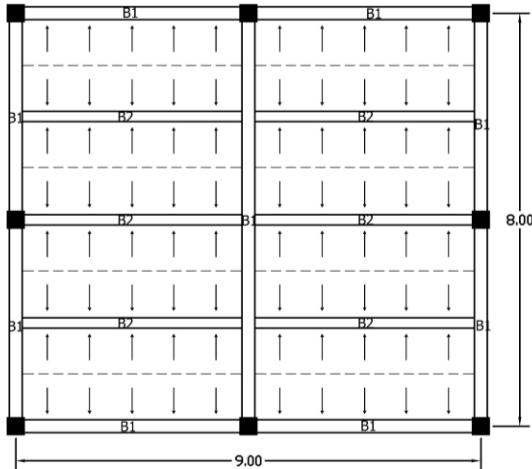
METODE PENELITIAN

Dalam perencanaan bangunan sekolah ini digunakan data sekunder berupa gambar denah, gambar tampak, gambar potongan, ukuran rencana komponen struktur, model pelat, daftar harga satuan material, daftar upah pekerja, dan analisa harga satuan pekerjaan. Berdasarkan data sekunder tersebut dilakukan perancangan struktur untuk kedua tipe pelat. Untuk menganalisis gaya dalam dilakukan dengan metode desain ultimit.

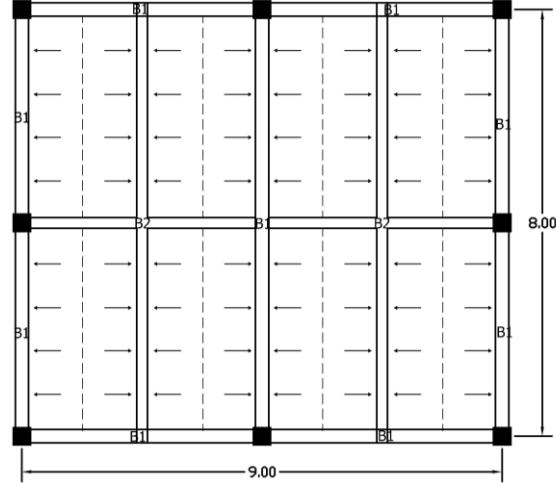


DESAIN DAN ANALISIS

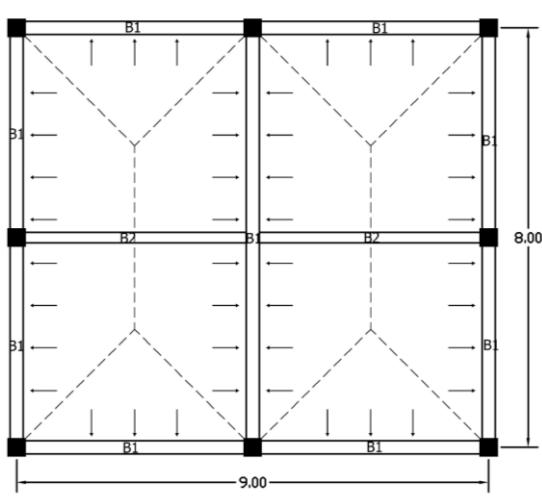
Mutu kuat tekan beton yang digunakan sebesar 20 MPa dengan mutu baja tulangan 400 MPa. Dengan jumlah beban yang sama dibuat model pelat satu arah tipe A dan tipe B, dan model pelat dua arah tipe A dan tipe B. Objek berupa potongan kelas berukuran 9x8 m.



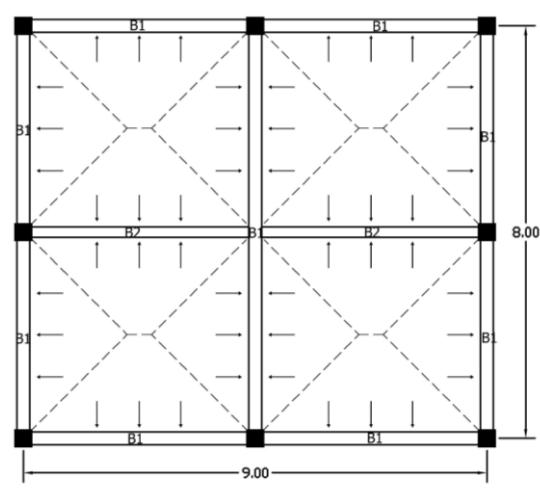
Gambar 1 Model pelat satu arah tipe A



Gambar 2 Model pelat satu arah tipe B



Gambar 4 Model pelat dua arah tipe A



Gambar 5 Model pelat dua arah tipe B

Pada perencanaan ini beban yang didistribusikan ke balok dirincikan:

- Beban hidup lantai = 250 kg/m²
- Beban mati pelat = 339 kg/m²
- Beban dinding = 250 kg/m²

Kombinasi Pembebanan SNI 1727:2013

$$U = 1,2 D + 1,6 DL$$

$$U = 1,2 D + 1,6 DL + 0,5 R$$

$$U = 1,2 D + 1,6 DL + 0,5 W$$

Analisa gaya dalam (momen, geser, dan aksial) dilakukan pada ke empat model. Hasil reaksi gaya antar kedua sistem dilakukan perbandingan dari sisi efisiensi reaksi gaya. Diambil nilai terkecil antara model A dan B dari setiap sistem. Hasil menunjukkan bahwa sistem pelat satu arah tipe B dan sistem pelat dua arah tipe A yang sesuai kriteria efisiensi reaksi gaya dalam.

Tabel 1 Reaksi Gaya Sistem Pelat Satu Arah Tipe B

Profil Penampang (cm)	Momen tumpuan negatif (kNm)	Momen tumpuan positif (kNm)	Momen Lapangan (kNm)	Shear (kN)	Axial (kN)
B1 (25x50)	-130.214	65.107	130.668	-92.753	6.031
B2 (20x30)	-57.429	28.7145	29.125	-57.29	-5.175
B3 (15x25)	-20.325	10.1625	10.944	-28.752	-60.94
Sloof (20x25)	-22.506	11.253	10.934	-29.832	-4.144
Kolom (35x35)		-42.131		-12.353	-465.612

Tabel 2 Reaksi Gaya Sistem Pelat Dua Arah Tipe A

Profil Penampang	Momen tumpuan negatif (kNm)	Momen tumpuan positif (kNm)	Momen Lapangan (kNm)	Shear (kN)	Axial (kN)
B1 (25x50)	-163.486	81.743	112.976	-114.324	6.004
B2 (20x30)	-41.688	20.844	26.816	-34.957	-10.348
B3 (15x25)	-20.289	10.1445	11.013	-28.746	-63.867
Sloof (20x25)	-22.606	11.303	10.987	-29.84	-3.694
Kolom (35x35)		-47.64		-15.096	-540.737

HASIL PENELITIAN

A. Analisa Penampang

1. Perhitungan tulangan lentur

Tumpuan balok Induk sistem pelat satu arah

Data penampang balok:

$$f_c = 20 \text{ Mpa}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,8$$

$$s = 40 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

Direncanakan menggunakan tulangan D19 dengan dua lapis tulangan. Sengkang D10. Maka tinggi efektif balok,

$$d = 500 - (40 + 10 + 19 + 20) = 411 \text{ mm}$$

$$Mu = -130,214 \text{ kNm}.$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{130,214}{0.8} = 162,767 \text{ kNm}$$

$$\text{Koefisien tahanan, } Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{162,767}{250 \cdot 411^2} \cdot 10^6 = 3,854$$

$$\text{Rasio tulangan, } \rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0,85 \cdot f'_c}} \right)$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot 20}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 3,854}{0,85 \cdot 20}} \right) = 0,0111$$

$$\text{Rasio tulangan minimum, } \rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} = \frac{\sqrt{20}}{4 \cdot 400} = 0,0028$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Rasio tulangan maksimum, $\rho_{maks} = 0,025$

$$\rho_{maks} = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot 20 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,01625$$

Karena $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka digunakan $\rho = 0,0111$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0111 \cdot 250 \cdot 411 = 1138 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan minimum pada struktur lentur SNI 03-2847-2002 pasal 12.5(1):

$$A_{s min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} \cdot b_w \cdot d = \frac{\sqrt{20}}{4 \cdot 400} \cdot 250 \cdot 411 = 285 \text{ mm}^2$$

$$A_{s min} = \frac{1,4}{f_y} \cdot b_w \cdot d = \frac{1,4}{400} \cdot 250 \cdot 411 = 357 \text{ mm}^2$$

$$A_{s min} < A_s, \text{ maka dipakai } A_s = 1138 \text{ mm}^2.$$

Digunakan 6D16 ($A_s = 1206 \text{ mm}^2$).

$$\text{Rasio tulangan baru, } \rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1206}{250 \cdot 411} = 0,0117$$

2. Perhitungan tulangan geser

$$V_u = -92,753 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{20} \cdot 250 \cdot 411 = 76,585 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_c = 0,6 \cdot 76,585 = 45,951 \text{ kN}$$

$$3\emptyset V_c = 3 \cdot 45,951 = 137,853 \text{ kN}$$

Karena $\emptyset V_c < V_u < 3\emptyset V_c$, maka diperlukan tulangan geser.

$$\emptyset V_s = V_u - \emptyset V_c = 92,753 - 45,951 = 46,802 \text{ kN}$$

$$V_{s perlu} = \frac{\emptyset V_s}{\emptyset} = \frac{46,802}{0,6} = 78 \text{ kN}$$

Digunakan sengkang D10 ($A_v=157 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157 \cdot 400 \cdot 411}{78000} = 331 \text{ mm}$$

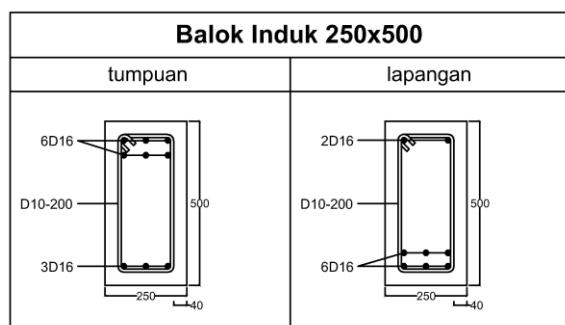
Batas spasi tulangan geser tidak boleh melebihi $d/2$ (SNI pasal 13.5.4.1)

$$\frac{d}{2} = \frac{411}{2} = 205,5 \text{ mm}, \text{ maka dipakai } 200 \text{ mm.}$$

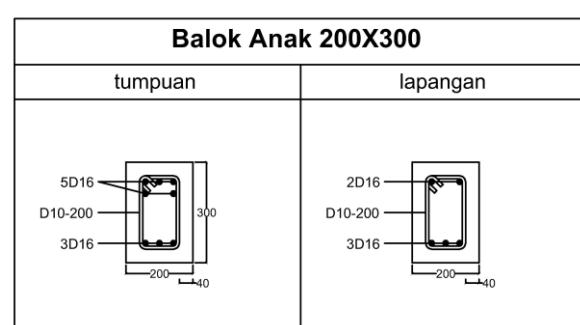
$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{157 \cdot 400 \cdot 411}{200} = 129,054 \text{ kN}$$

$V_s ada > V_{s perlu}$, aman.

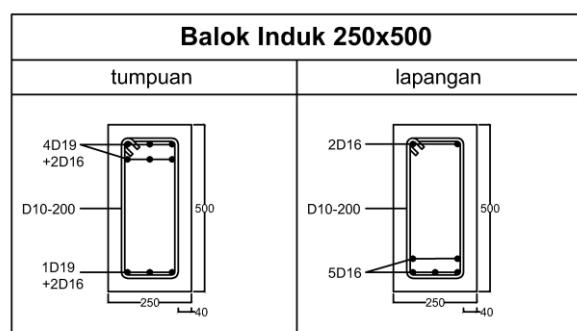
Dengan perhitungan yang sama, untuk mencari kebutuhan tulangan struktur lentur, didapat rekapitulasi hasil tulangan balok induk dan balok anak dari kedua sistem geometri pelat. Gambar dan tabel menunjukkan kebutuhan tulangan pada komponen struktur lentur.



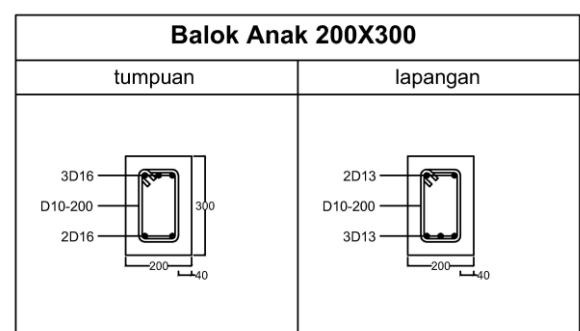
Gambar 6 Detail balok induk sistem pelat satu arah



Gambar 7 Detail balok anak sistem pelat satu arah



Gambar 8 Detail balok induk sistem pelat dua arah



Gambar 9 Detail balok anak sistem pelat dua arah

Tabel 3. Kebutuhan tulangan struktur lentur sistem pelat satu arah

Tipe (cm)	Tumpuan negatif			Tumpuan positif		
	M _u (kNm)	A _s (mm ²)	D (mm)	M _u (kNm)	A _s (mm ²)	D (mm)
B1 25x50	-130.214	1138	6D16	65.107	527	3D16
B2 20x30	-57.429	970	5D16	28.7145	412	3D16
B3 15x25	-20.325	435	4ø12	10.1625	193	2ø12

Tabel 4. Kebutuhan sengkang struktur lentur sistem pelat satu arah

Tipe (cm)	Lapangan				Sengkang		
	M _u (kNm)	A _s (mm ²)	D (mm)	V _u (kN)	V _s (kN)	D _v (mm)	s (mm)
B1 25x50	130.668	1138	6D16	-92.753	78.00	D10	200
B2 20x30	29.125	419	3D16	-57.29	59.41	D10	120
B3 15x25	10.944	209	2ø12	-28.752	24.89	ø8	100

Tabel 5. Kebutuhan tulangan struktur lentur sistem pelat dua arah

Tipe	Tumpuan negatif			Tumpuan positif		
	M _u (kNm)	A _s (mm ²)	D (mm)	M _u (kNm)	A _s (mm ²)	D (mm)
B1 25x50	-163.486	1500	4D19+2D16	81.74	673	1D19+2D16
B2 20x30	-41.688	637	3D16	20.84	289	2D16
B3 15x25	-20.289	434	4Ø12	10.14	192	2Ø12

Tabel 6. Kebutuhan sengkang struktur lentur sistem pelat satu arah

Tipe	Lapangan				Sengkang		
	M _u (kNm)	A _s (mm ²)	D (mm)	V _u (kN)	V _s (kN)	D _v (mm)	s (mm)
B1 25x50	112.976	959	5D16	-114.324	113.96	D10	200
B2 20x30	26.816	382	3D13	-34.957	22.19	D10	120
B3 15x25	11.013	210	2Ø12	-28.746	24.88	Ø8	100

A. Rencana Anggaran Biaya

Rekapitulasi anggaran biaya didapat dari hasil analisa satuan pekerjaan dan volume pekerjaan. Dalam pekerjaan balok induk ukuran 25x50 cm didapat perhitungan:

Volume pekerjaan x Harga satuan pekerjaan

$$35.875 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 4,124,100.00 = \text{Rp. } 147,952,087.50$$

Dengan pola perhitungan yang sama, didapat tabel keseluruhan rencana anggara biaya sistem pelat satu arah dan dua arah.

Tabel 7. Kebutuhan sengkang struktur lentur sistem pelat satu arah

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOL.	SAT.	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA
I SISTEM PELAT SATU ARAH					
1	Pek. Balok Induk 25/50	35.875	m3	Rp 4,058,100	Rp 145,584,338
2	Pek. Balok Anak 20/30	14.46	m3	Rp 5,192,100	Rp 75,077,766
3	Pek. Ring Balok 15/25	13.5	m3	Rp 4,868,100	Rp 65,719,350
4	Pek. Pelat Lantai Bondeck	63	m3	Rp 3,407,900	Rp 214,697,700
5	Pek. Kolom 35/35	52.92	m3	Rp 5,507,400	Rp 291,451,608
6	Pek. Sloof 20/25	10.1	m3	Rp 3,122,100	Rp 31,533,210
Jumlah Pekerjaan I					Rp 824,063,972
II SISTEM PELAT DUA ARAH					
1	Pek. Balok Induk 25/50	35.875	m3	Rp 4,184,100	Rp 150,104,588
2	Pek. Balok Anak 20/30	7.02	m3	Rp 4,562,100	Rp 32,025,942
3	Pek. Ring Balok 15/25	13.5	m3	Rp 4,868,100	Rp 65,719,350
4	Pek. Pelat Lantai Bondeck	63	m3	Rp 3,407,900	Rp 214,697,700
5	Pek. Kolom 35/35	52.92	m3	Rp 5,507,400	Rp 291,451,608
6	Pek. Sloof 20/25	10.1	m3	Rp 3,122,100	Rp 31,533,210
Jumlah Pekerjaan II					Rp 785,532,398
Selisih Pekerjaan I dan II					Rp 38,531,574

Didapat anggaran biaya pekerjaan struktur untuk sistem pelat satu arah Rp. 836,594,401.50. Sedangkan sistem pelat dua arah Rp. 797,571,787.50. Dari kedua sistem tersebut menghasilkan selisih Rp. 39,022,614.00.

KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian terhadap sistem pelat satu arah dan dua arah pada bangunan gedung sekolah dua lantai, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perilaku struktur gedung antara sistem pelat satu arah dan dua arah memiliki kesamaan pada komponen-komponen struktur, kecuali balok induk dan balok anak. Dengan ukuran dimensi dan jenis beban yang sama, sistem pelat satu arah pada balok induk menghasilkan momen tumpuan -130,214 kNm, dan balok anak -57,429 kNm. Sedangkan sistem pelat dua arah pada balok induk menghasilkan momen tumpuan -163,486 kNm, dan balok anak -41,688 kNm.
2. Luas tulangan perlu balok induk daerah tumpuan pada sistem pelat satu arah 1138 mm², dan balok anak 970 mm². Sedangkan luas tulangan perlu balok induk daerah tumpuan pada sistem pelat dua arah 1500 mm², dan balok anak 637 mm².
3. Rencana anggaran biaya pekerjaan struktur sistem pelat satu arah senilai Rp 824,063,971 sedangkan pekerjaan struktur sistem pelat dua arah senilai Rp. 785,532,397 dengan selisih Rp. 38,531,574. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pelat dua arah lebih efisien dari segi biaya dibandingkan dengan sistem pelat satu arah.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, H Ali. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002*. Yayasan LPMB Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Yayasan LPMB Bandung.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Fahri, Muhammad., Suyadi., dan Purwanto, Edy. 2016. *Tinjauan Momen Lentur Pelat Dua Arah dengan Metode Perencanaan Langsung dan Metode Elemen Hingga*. Lampung: Universitas Lampung.
- Imran, Iswandi., dan Hendrik, Fajar. 2014. *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- Imran, Iswandi., dan Hendrik, Fajar. 2016. *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- Kriswanto, Dikyipan. 2015. *Perencanaan Struktur Pelat Beton Bertulang untuk Rumah Tinggal*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- L. Wahyudi. Rahim, Syahril A. 1997. *Struktur Beton Bertulang Standar Baru SNI T-15-1991-03*. Jakarta: Gramedia.
- McCormac, Jack C. 2003. *Desain Beton Bertulang Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Nasution, Amrinsyah. 2009. *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- Sitohang, Hendri. 2008. *Analisa Pelat Satu Arah (One Way Slab) dari Teori M. Levy*. Sumatera: Universitas Sumatera Utara.
- Syamsi, Muhammad Ibnu. 2015. *Perbandingan Analisis Two Way Slab With Beam dengan Flat Slab*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Wahyuni, Tri. 2011. *Perencanaan Struktur Gedung Sekolah 2 Lantai*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret