
Perbandingan Sistem Pelat-Balok Konvensional Dengan Sistem *Flat Plate* Berongga Dua Arah Dari Segi Volume Beton Pada Gedung Fikes UBT

Noerman Adi Prasetya

¹Universitas Borneo Tarakan, Jalan Amal Lama No. 01 Tarakan, Indonesia
e-mail: noermanp@gmail.com

Abstract

Based on several weaknesses of the flat plate structure, SNI 03-1726-2012 limits the use of this type of structure to be more specific, namely the structure is classified as SRPMM (Intermediate Moment Resistant Frame System) and if it is used as a single system, the appropriate earthquake design category is B and C are not restricted and D, E and F are not permitted, this opens the opportunity for the application of this structure in areas with relatively minimal earthquakes, for example in almost the entire island of Kalimantan. The purpose of this study was to determine the difference in the use of concrete between the slab-beam structure and the flat plate structure with 2-way cavities (BHS). The research implementation method is to compare the volume of conventional structural concrete with BHS. Based on the evaluation of the comparison results, it is known that there is a difference of 26.0% less in the use of flat plate concrete structures with 2-way cavities (BHS) than plate-beam structures.

Keywords: *Flat Plate, Moment Resisting Frame Structure, MMRFS*

Abstrak

Berdasarkan beberapa kelemahan yang dimiliki struktur flat plate, maka SNI 03-1726-2012 membatasi penggunaan struktur jenis ini lebih spesifik, yaitu struktur diklasifikasikan sebagai SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah) dan jika digunakan sebagai sistem tunggal, maka kategori desain gempa yang sesuai adalah B dan C tidak dibatasi dan D, E dan F tidak diijinkan, hal tersebut membuka peluang penerapan struktur ini pada daerah-daerah dengan gempa yang relatif minim, misalnya di hampir seluruh pulau Kalimantan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui selisih penggunaan beton antara struktur pelat-balok dengan struktur flat plate dengan rongga 2 arah (BHS). Metode pelaksanaan penelitian adalah membandingkan volume beton struktur konvensional dengan BHS. Berdasarkan evaluasi hasil perbandingan diketahui bahwa terdapat selisih sebesar 26.0% lebih sedikit pemakaian beton struktur flat plate dengan rongga 2 arah (BHS) daripada struktur pelat-balok konvensional.

Kata kunci: *Flat Plate, Struktur Rangka Konvensional, SRPMM*

1. Pendahuluan

Pada umumnya, penggunaan sistem struktur *flat slab* maupun *flat plate* populer di beberapa negara tertentu karena sistem ini menjadikan kapasitas hunian menjadi lebih banyak (Qian dan Li, 2013) Perbedaan mendasar antara *waffle slab* dengan sistem struktur *flat plate* dengan rongga dua arah yaitu dari bentuk potongan penampangnya, kalau *waffle slab* berbentuk balok T tanpa sayap bagian bawah, sedangkan struktur *flat plate* dengan rongga dua arah berbentuk I dengan sayap bagian atas dan bawah, dari perbedaan yang pertama ini diketahui bahwa untuk ketebalan *plat* bersih yang sama momen inersia penampang struktur BHS menjadi lebih besar, perbedaan selanjutnya yaitu dari penempatan tulangan lapangan, kalau *waffle slab* tulangan lapangan diletakkan di balok, sedangkan struktur BHS tulangan lapangan diletakkan di bagian *slab cover*, dari kedua perbedaan

mendasar tersebut dapat diketahui bahwa posisi garis netral antara tegangan tekan dan tegangan tarik per segmen penampang struktur *flat plate* dengan rongga dua arah lebih mendekati tengah.

Struktur BHS adalah jenis struktur yang termasuk dalam tipe struktur *flat plate* yakni sistem struktur gedung dengan elemen utama berupa kolom dan pelat tanpa menggunakan balok. Sistem BHS juga merupakan inovasi terbaru dari pengembangan sistem pelat beton dengan keunggulan mampu mereduksi pemakaian beton hingga 30 persen lebih (Taskin dan Peker, 2014). Sistem BHS merupakan evolusi dari gabungan sistem *waffle slab* (pelat rusuk) dan *hollow slab* satu arah. Terdapat bermacam-macam bentuk geometri dari rongga sistem BHS, seperti pada penelitian Chung dkk (2010) yang menguji pengaruh bentuk rongga terhadap kekuatan pelat, penelitian ini menguji 8 macam bentuk rongga dan menyimpulkan bahwa jenis rongga yang bekerja paling efektif menahan beban adalah dengan bentuk *smooth rectangular* donuts (kotak bersudut tumpul dengan lubang donat), penelitian lain dilakukan oleh Lai (2009) menunjukkan bahwa besarnya momen maksimum, gaya geser, dan tegangan permukaan dari struktur BHS berkurang 30 – 40% dibandingkan dengan solid slab dengan ketebalan yang sama.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Borneo Tarakan dengan objek penelitian adalah Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Borneo Tarakan.

2.2. Pengumpulan Data

Sumber data-data yang digunakan pada penelitian ini yaitu *As-built drawing* gedung FIKES UBT dan data spesifikasi untuk modul rongga dari produk U-Boot.

2.3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan cara mengumpulkan data dan keterangan dari buku-buku, peraturan-peraturan, serta jurnal-jurnal yang berhubungan dengan permasalahan penelitian. Dari data yang sudah dikumpulkan tersebut kemudian diaplikasikan dalam sebuah desain struktur *flat plate* yang kemudian dibandingkan dengan data eksisting pada gedung FIKES UBT yang menggunakan struktur plat-balok.

2.4. Desain Struktur *Flat Plate* dengan Rongga 2 Arah

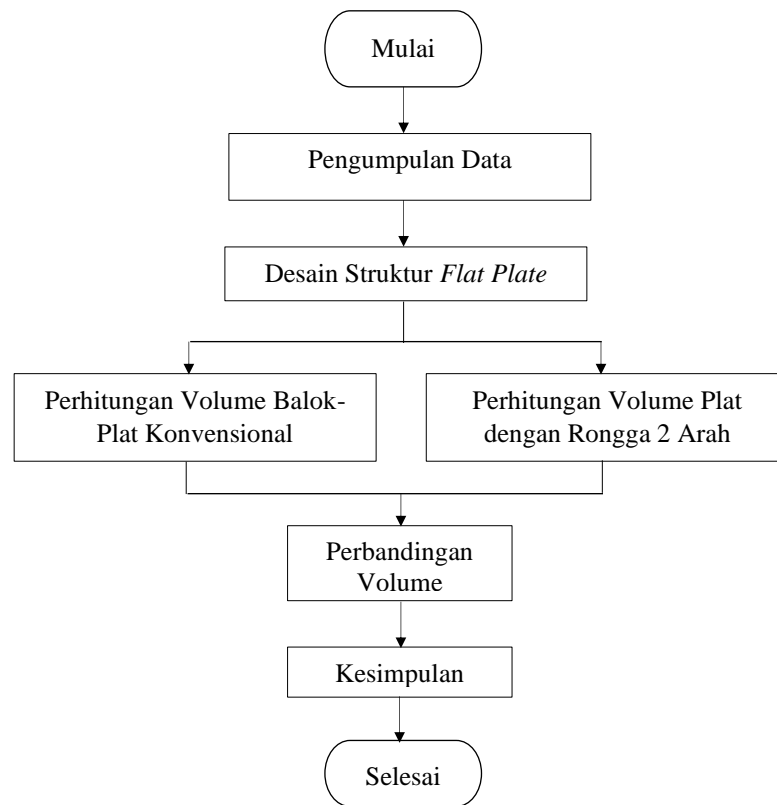
Struktur *flat plate* yang didesain meliputi penentuan tebal selimut beton berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 20.6.1.3.1, penentuan tebal pelat berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 8.3.1.1, penentuan daerah penampang kritis berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 22.6.4, dan penentuan ukuran dan jarak antar rongga berdasarkan spesifikasi dari *U-Boot*.

2.5. Perhitungan Volume

Volume dihitung secara terpisah untuk setiap lantainya kemudian ditotal untuk masing-masing tipe struktur yang digunakan. Perhitungan volume tidak menggunakan angka toleransi dikarenakan kedua tipe struktur sama-sama dihitung ulang berdasarkan data desain bukan pelaksanaan, jadi volume yang dihasilkan adalah murni dari bentuk penampang yang ada.

2.6. Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dari pengumpulan data, lalu melakukan desain elemen struktur *flat plate*, kemudian volume tersebut dibandingkan dengan volume elemen struktur sistem plat-balok yang ada pada struktur eksisting, berikut tahapannya pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

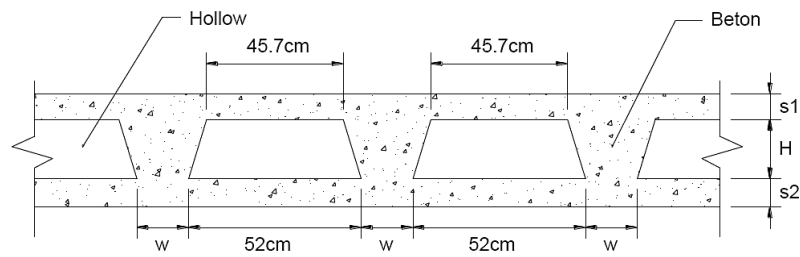
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Desain Struktur *Flat Plate*

Pada penelitian ini ketentuan rongga untuk struktur *flat plate* dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini yang mana mengacu pada SNI 2847-2019 pasal 20.6.1.3.1 diperoleh tebal selimut beton 20mm dan digunakan ukuran tulangan ulir D10 s/d D13, maka ditentukan nilai s_1 dan s_2 sebesar 50mm.

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 8.3.1.1 mengenai ketebalan pelat dua arah nonprategang, penggunaan tulangan ulir $f_y = 420\text{Mpa}$ pada pelat, serta jarak antar kolom maksimal pada gedung FIKES UBT, maka ditetapkan tebal pelat sebesar 250mm.

Kelemahan pada struktur *flat plate* terletak pada hubungan pelat-kolom (*slab-column connection*), struktur *flat plate* yang diberi beban lateral siklik akan terjadi kerusakan pada daerah hubungan pelat-kolom akibat akumulasi tegangan lentur dan geser dikarenakan transfer momen yang tak seimbang (*unbalanced moment*) antara pelat dan kolom (Robertson dkk, 2002), akumulasi tegangan tersebut mengakibatkan struktur memiliki daktilitas rendah dan dapat memicu keruntuhan struktur yang getas (Pan dan Moehle, 1989). Selain itu, akumulasi dari tegangan geser itu juga akan berdampak pada keruntuhan yang bersifat progresif (Dovich dan Wight, 2005). Berdasarkan hal tersebut distribusi rongga pada desain juga berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 22.6.4 yang memberikan ruang untuk daerah kritis struktur *flat plate*, yang mana pada area 1200mm dari muka kolom tidak diberikan rongga (*full beton*), yang artinya pada daerah ini merupakan tempat perkuatan geser misalnya dengan *stud-rail* dan lain-lain.



Gambar 3 Bentuk dan Ukuran Rongga

Berdasarkan spesifikasi dari produk U-Boot sebagai modul rongga yang digunakan dalam penelitian ini ditetapkan jarak antar rongga (w) sebesar 50mm, ukuran ini juga masih sangat memungkinkan untuk diberikan tulangan antar rongga.

3.2. Volume Pelat-Balok Konvensional

Tabel 1 Hasil Rekapitulasi Volume Pelat-Balok

Tipe	Ukuran (CM)	Volume Lt. 2 (M3)	Volume Lt. 3 (M3)	Volume Lt. 4 (M3)	Volume Lt. Atap (M3)
B1	40/70	12.0	10.5	10.5	4.8
B2	30/50	79.9	64.2	64.2	32.2
B3	25/40	35.6	30.0	30.0	18.2
B4	15/30	7.7	9.4	10.6	3.6
Pelat	Tb: 12	260.6	183.2	183.2	96.5
Total		395.8	297.3	298.5	155.5
Total Keseluruhan			1147.1		

3.3. Volume Flat Plate dengan Rongga Dua Arah

Tabel 2 Hasil Rekapitulasi Volume Flat slab dengan Rongga

Lantai	Volume Pelat Penuh (M3)	Volume Rongga (M3)	Volume Pelat Bersih (M3)
Lantai 2	543.5	245.5	298.0
Lantai 3	400.8	180.2	220.6
Lantai 4	400.8	180.2	220.6
Lantai Atap	207.0	94.1	112.9
Total	1552.1	700.0	852.1

3.4. Perbandingan Volume

Tabel 3 Hasil Perbandingan Volume

Lantai	Pelat-Balok (M3)	Flat Plate dengan rongga 2arah (M3)	Selisih (M3)	Selisih (%)
Lantai 2	395.8	298.0	97.8	24.7
Lantai 3	297.3	220.6	76.7	25.8
Lantai 4	298.5	220.6	77.9	26.1
Lantai Atap	155.5	112.9	42.6	27.4
Total	1147.1	852.1	295.0	
Rata-rata				26.0

Berdasarkan **Tabel 3** diketahui bahwa struktur *flat plate* dengan rongga 2 arah terdapat pengurangan volume beton sebesar 26.0% dibandingkan dengan struktur pelat-balok konvensional, nilai ini sedikit lebih kecil dari pada penelitian yang dilakukan (Taskin dan Peker, 2014) yang mengatakan bahwa sistem *flat plate* (tanpa rongga) memiliki keunggulan mampu mereduksi pemakaian beton hingga 30 persen.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perbandingan volume beton antara struktur pelat-balok konvensional dengan struktur *flat plate* dengan rongga 2 arah dapat disimpulkan bahwa terdapat pengurangan volume beton sebesar 26.0%.

Daftar Pustaka

- Chung, J.H, dkk, 2010, Proceedings of Fracture Mechanics of Concrete and Concrete StructuresS-7, May 23-28, Hal: 1729-1736.
- Dovich, L, dan Wight, J.K, 2005, *Effective Slab Width Model for Seismic Analysis of Flat Slab Frames*, ACI Structural Journal, Vol.102, No.6.
- Hwang, S.J, dan Moehle, J.P, 2000, *Models for Laterally Loaded Slab-Column Frames*, ACI Structural Journal, V.97, No.2, Hal: 345-351.
- Prasetya N.A, 2016, Studi Lebar Efektif Struktur Flat Plate dengan *Hollow-Dua Arah dibawah Beban Gempa*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Robertson, I.N, dkk, 2002, *Cyclic Testing of Slab-Column Connection with Shear Reinforcement*, ACI Structural Journal, Vol.99 No.5, Hal: 605-613.
- SNI 03-2847-2019, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*, Jakarta, 2019.
- Taskin, T, dan Peker, K, 2014, *Design Factors and The Economical Application of Spherical Type Voids in RC Slabs*, Proceedings of International Scientific Conference People, Buildings and Environment 2014, Hal: 448-458.
- Qian, K, dan Li, Bing, 2013, *Experimental Study of Drop-Panel Effects on Response of Reinforced Concrete Flat Slabs after Loss of Corner Column*, ACI Structural Journal, Vol.110 No.28.