

STUDY PENGGUNAAN TULANGAN MUTU TINGGI DI ELEMEN STRUKTUR MENGUNAKAN BETON BERSERAT DENGAN PEMBEBANAN SIKLIK DI PROYEK RUMAHAN KESENIAN KECAMATAN MAOSPATI

Dery Mochamad Fadillah
Universitas Doktor Nugroho Magetan
Magetan, Indonesia
E-mail: dery@gmail.com

Abstrak---- Perilaku histeretik pilar beton bertulang berpenampang bujursangkar berongga (Hollow Rectangular Section Pier, HRSP) dengan mengaplikasikan material beton berkekuatan ultra tinggi (Ultra High Strength Concrete, UHSC). Program eksperimental dilaksanakan pada dua model spesimen HRSP-UHSC yang dibebani kombinasi gaya aksial tekan yang konstan dan perpindahan lateral siklik quasi static melalui aktuator pada loading frame. Pembebanan lateral berbasis pada control perpindahan sesuai ACI-374.1-05 (2005).

Gaya aksial tekan diaplikasikan pada HRSP-70 dan HRSP-60 dengan rasio masing-masing sebesar $0.075f_c'Ag$ dan $0.15f_c'Ag$. Hasil ekeperimental menunjukkan bahwa peningkatan rasio gaya aksial tekan berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kekuatan geser pilar, namun selanjutnya pilar mengalami degradasi kekuatan lebih cepat dengan pencapaian drift ratio dan faktor daktilitas perpindahan yang menurun.

HRSP-70 mampu mencapai drift ratio 5.80% dengan faktor daktilitas perpindahan 5.35, sedangkan faktor daktilitas perpindahan HRSP-60 menurun menjadi 4.58 pada drift ratio 3.50%. Kecenderungan ini mengakibatkan HRSP-70 mampu mengakomodir degradasi kekakuan dari keadaan leleh pertama sampai pada kondisi batas hingga 82.99%, sedangkan pada HRSP-60 hanya sekitar 77.86%. Begitu pula pendisipasian energi pada HRSP-60 menurun 39.46% setelah gaya aksial tekan dinaikkan sebesar 50%.

Kata Kunci. HRSP-UHSC, Perilaku histeretik, Daktilitas perpindahan, Degradasi kekuatan, dan Disipasi energi.

Abstract--- the hysteretic behavior of Hollow Rectangular Section Piers (HRSP) by applying Ultra High Strength Concrete (UHSC) material. The experimental program conducted in two models of HRSP-UHSC specimens were loaded by combination of a constant axial compression force and quasi static lateral cyclic loads through actuators on the loading frame. The lateral loads were based on displacement controls in ACI 374.1-05 (2005). The constant axial compression forces were applied into the HRSP-70 and HRSP-60 of $0.075f_c'Ag$ and $0.15f_c'Ag$, respectively. The experimental results indicate that the increasing of the axial compression force ratio enhances the shear strength significantly, but then it experiences higher strength degradations with lower attainment of drift ratio and displacement ductility factor. The HRSP-70 achieved a displacement ductility factor of 5.35 at drift ratio of 5.80%, while HRSP-60 achieved a displacement ductility factor of 4.58 at drift ratio of 3.50%. This trend resulted that HRSP-70 was able to accommodate the stiffness degradation of the first yield state to the ultimate conditions up to 82.99%, while the HRSP-60 was only about 77.86%. Similarly,

the energy dissipation of HRSP-60 decreased by 39.46% after the constant axial compression force had been increased 50% from previous specimen.

Keywords: HRSP-UHSC, Hysteretic behavior, Displacement ductility, Strength degradation, and Energy dissipation.

I. PENDAHULUAN

Gaya aksial tekan yang bekerja pada elemen pilar jembatan akan berpengaruh terhadap perilaku lentur pilar dalam memikul eksitasi gaya lateral. Jika sebagian besar kekuatan pilar terkerahkan untuk memikul gaya tekan maka respon lenturnya menurun dan akan berimplikasi pada rendahnya daktilitas dan pendisipan energinya. Ketidakmampuan pilar jembatan berperilaku daktil dalam simpangan inelastiknya akan mengakibatkan terjadinya keruntuhan progresif, terutama selama gempa besar terjadi.

Problem umum penggunaan pilar-pilar jembatan tinggi berpenampang solid dengan beton bertulang mutu konvensional adalah masalah susut (shrinkage) di awal pelaksanaan (Priestley et al., 1996). Gejala susut ini setidaknya dapat diminimalisir melalui reduksi volume beton dengan menerapkan elemen struktur pilar beton bertulang berpenampang persegi berongga (Hollow Rectangular Section Pier, HRSP). HRSP memiliki keunggulan geometris yang selain dapat mereduksi massa kolom tinggi terhadap respon seismik, juga memiliki kekakuan lentur dan torsi yang besar sehingga efisiensi rasio kekuatan/massa dan rasio kekakuan/massa dapat dimaksimalkan (Priestley et al., 1996, Sheikh, 2007, dan Delgado, et al., 2009). Hasil penelitian Maria, et al., (2006) menyimpulkan bahwa pilar berongga persegi berdinding tipis yang didesain sesuai AASHTO-LRFD, Bridge Design Specifications (2005) (sekarang telah diperbaharui dengan AASHTO-LRFD, Bridge Design Specifications, 2010), ps 5.7.4.7 masih memberikan keamanan yang memadai terhadap gejala tekuk lokal akibat pembebanan aksial tekan dengan efek lentur biaksial. Sheikh, et al., (2007) juga telah membuktikan bahwa rasio luas penampang beton terhadap luas penampang keseluruhan (termasuk penampang rongga) (A_g/A_{og}) ternyata berpengaruh kecil terhadap kapasitas daktilitas pilar jembatan di indeks pengekanan efektif antara 0.05 sampai 0.2 dengan gaya aksial tekan sebesar $0.33f_c'A_g$. Kecenderungan perilaku ini tidak berlaku pada gaya aksial tekan rendah sebesar $0.087f_c'A_g$, dan saat rasio A_g/A_{og} berada di bawah 0.3.

Penggunaan beton berkekuatan ultra tinggi telah menjadi alternatif solusi dari tingginya tuntutan kinerja mekanik dan durabilitas struktur bangunan-bangunan beton modern saat ini. Sejak Richard, and Cheyrezy, (1994) memperkenalkan Reactive Powder Concrete (RPC) melalui upaya meminimalisir heterogenitas beton (ukuran maksimum agregat < 600 mm), perbaikan

kinerja mikrostruktur, peningkatan daktilitas dengan micro steel fiber dan dengan mengoptimalkan packing density telah memberikan terobosan lahirnya beton generasi baru berbasis semen Portland yang masuk dalam varian ultra high strength concrete (UHSC) dengan kekuatan tekan melebihi 200 MPa dan dengan energi fraktur yang dapat mencapai 40 kJ/m².

Graybeal, (2007) melaporkan bahwa UHSC berserat antara yang dirawat tanpa perlakuan khusus sampai yang diberi perawatan uap (steam treated) menghasilkan kekuatan tekan puncak antara 125 – 194 MPa pada regangan tekan antara 0.0036 – 0.0040 mm/mm. Dari pencapaian daktilitas material yang unggul tersebut maka jenis beton ini dapat dikembangkan sebagai material untuk elemen struktur tahan gempa.

Hasil eksperimen dengan beban lateral siklik yang telah dilakukan oleh Zhao, et al (2008) pada elemen pilar persegi berlubang RPC (reactive powder concrete) berkekuatan tekan 140 MPa menghasilkan rasio daktilitas perpindahan sebesar 4.8 pada drift ratio 6.4% dengan disipasi energi 5.3 x 10⁵ kN-mm. Meskipun tanpa menyertakan pengaruh gaya aksial tekan, namun hasil yang diperoleh dari eksperimen tersebut telah memberikan gambaran kinerja yang cukup memuaskan. Perbandingan hasil investigasi numerik dari pemodelan material beton berkekuatan normal (OC), beton berkekuatan tinggi (HSC) dan beton berkekuatan ultra tinggi (UHSC) pada pilar berpenampang persegi berongga dalam hubungan beban-perpindahan lateral statik secara non-linear, menghasilkan daktilitas perpindahan struktur Pilar-UHSC yang mencapai 3.14 atau sekitar 1.38 kali lebih besar dari Pilar-OC (Budiono, et al., 2011).

Dari penelusuran tersebut mendorong untuk dilakukannya program uji eksperimental mulai dari pembuatan dan penentuan sifat-sifat mekanik UHSC berserat serta karakteristik tarik baja tulangan, yang kemudian dilanjutkan pada tahapan desain dan pembuatan spesimen pilar berongga persegi beton betulang HRSP-UHSC sebagai inovasi yang memadukan keunggulan geometris HRSP dan superioritas material UHSC. Program pengujian kombinasi gaya lateral konstan dengan perpindahan lateral siklik (quasi static reversal) pada model spesimen HRSP-UHSC ini bertujuan untuk mengetahui perilaku siklik pilar, pada rasio gaya aksial tekan ($P_u/f_c' A_g$) sebesar 0.075 dan

0.15. Rasio gaya aksial tekan tersebut dipilih sebagai representasi dari pilar yang gaya aksial tekannya kurang dari dan lebih besar dari $0.1f_c' A_g$, namun tidak melampaui rasio gaya aksial tekan pilar sesuai AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design, (2011) sec. 8.7.2 sebesar $0.2f_c' A_g$. Dengan menggunakan UHSC berserat yang kekuatan dan regangan tekan puncaknya lebih tinggi dari beton mutu tinggi biasa, akan menghasilkan pilar dengan kapasitas gaya aksial tekan yang lebih besar sehingga ketika mengalami kombinasi perpindahan lateral siklik dengan gaya aksial tekan yang lebih tinggi, regangan baja tulangan dapat teroptimalkan untuk mencapai regangan batasnya sehingga pilar mampu mencapai mekanisme

failure pada level drift ratio yang perpindahannya lebih panjang dengan daktilitas elemen struktur yang lebih besar, yang merupakan indikator meningkatnya pendisipasian energi pada daerah sendi plastis.

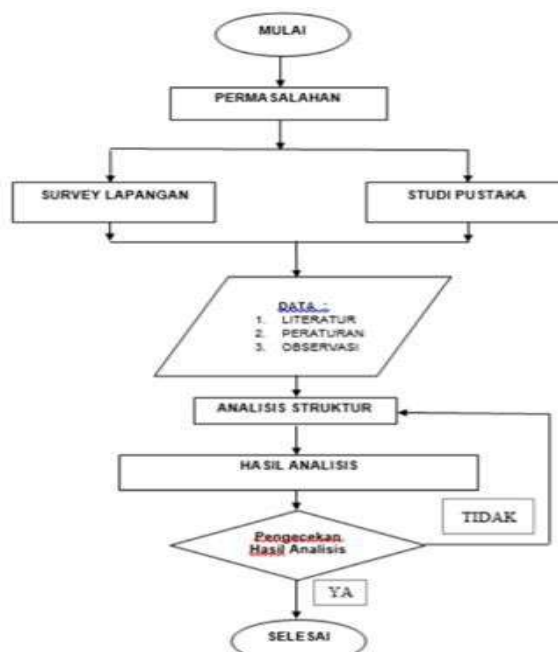
Pada penelitian ini difokuskan pada penggunaan tulangan mutu tinggi di elemen struktur menggunakan beton berserat dengan pembebanan siklik di proyek perumahan kesenian Kecamatan Maospati.

Berdasarkan latar belakang tersebut, terdapat beberapa rumusan masalah dalam analisa ini :

1. Bagaimana analisis kelayakan struktur gedung di proyek rumah kesenian Kecamatan Maospati berdasarkan SNI?
2. Bagaimana pembebanan yang ada pada gedung di proyek rumah kesenian Kecamatan Maospati?
3. Bagaimana menganalisis dimensi plat, balok, kolom dan pondasi pada gedung di proyek rumah kesenian Kecamatan Maospati?

Tujuan dan maksud penelitian ini adalah :

1. Menganalisis kelayakan struktur gedung di proyek rumah kesenian Kecamatan Maospati dengan ETABS.
2. Mendesain plat, balok, kolom dan pondasi pada struktur gedung di proyek rumah kesenian Kecamatan Maospati.
3. Memberikan gambaran pada gedung di proyek rumah kesenian Kecamatan Maospati setelah dilakukan analisis.



Gambar 1 Flowchart Kerangka Pemikiran

II. METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

1. Mencari data-data berupa, data eksisting berupa gambar rencana dan dimensi struktur proyek perumahan kesenian Kecamatan Maospati.
2. Studi literatur dengan mengumpulkan referensi dan metode yang dibutuhkan sebagai tinjauan pustaka baik dari buku maupun media lain (internet).
3. Pengolahan dan analisa data-data yang didapat.
4. SNI – 2847 – 2013 (Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung)
5. SNI – 1726 – 2012 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan Nongedung)
6. SNI – 1727 – 2013 (Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain)
7. PPPURG 1987 (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung)
8. Pengambilan kesimpulan dan saran dari hasil kajian b. Metode Penelitian

B. Jenis dan Sumber Data

Macam jenis dan sumber data sebagai berikut :

1. Data primer

Data primer yaitu data yang didapatkan dari pengukuran maupun pengamatan secara langsung di lapangan.

2. Data sekunder

Data sekunder yaitu data yang didapatkan dari sumber lain misalnya instansi pemerintah, swasta, maupun perorangan yang telah melakukan pengamatan secara langsung di lapangan. Untuk pembuatan tugas akhir analisis struktur dan dimensi struktur ini akan dipakai data sekunder, hal ini berkaitan dengan efisiensi waktu dan biaya pemuatan laporan tugas akhir ini.

C. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan untuk perencanaan Pembangunan gedung kantor ini adalah :

1. Metode Literatur Metode literatur yaitu mengumpulkan, mengidentifikasi, dan mengolah data – data tertulis yang berasal dari buku – buku, surat kabar, majalah maupun tulisan ilmiah lainnya yang berkaitan dengan perencanaan Pembangunan gedung.

2. Metode Observasi Metode observasi yaitu data yang diperoleh dari hasil survei langsung ke lokasi. Dengan survei langsung ini dapat diketahui kondisi langsung di lapangan sehingga diperoleh suatu gambaran yang dapat dijadikan pertimbangan dalam analisis struktur bangunan.

c. Metode Wawancara Metode wawancara yaitu data yang diperoleh dengan mewawancarai narasumber untuk mendapatkan beberapa informasi yang dapat menambah bahan dalam penyusunan analisis struktur bangunan.

D. Metode Analisa Data

1. Identifikasi Data Struktur

Spesifikasi Bangunan

- Fungsi Bangunan : Gedung

- Luas Tanah : 3050 m²

- Luas Bangunan :

Lantai Basement : 2750 m²

Lantai 1 : 2750 m²

Lantai 2` : 2750 m²

Lantai 3 : 2750 m²

Lantai 4 : 2750 m²

Lantai 5 : 2750 m²

- Tinggi Bangunan : 18 m

- Jumlah Lantai : 6lantai (termasuk basement)

Tabel 1 Data Elevasi Lantai Bangunan

N0	Bangunan	Elevasi (m)
1	Basement	-3,50
2	Lantai 1	+0,00
3	Lantai 2	+4,00
4	Lantai 3	+8,00
5	Lantai 4	+12,00
6	Lantai 5	+18,00 (termasuk atap baja)

a.Data profil struktur - Tie Beam

Tabel 2 Tipe Tie Beam

NO	Type	Dimensi (cm)
1	TB 1	40x70
2	TB 2	30x60

- Pelat

Tabel 3 Tipe Pelat

No	Struktur	Type	Tebal (cm)
1	Basement	SA	15 cm
2	Lantai 1-5	SI	12 cm

- Balok

Tabel 4 Tipe Balok

No	Tipe	Dimensi (cm)
1	G1	40x70
2	G2	30x60
3	B1	25x50
4	B2	20x40

- Kolom

Tabel 5 Tipe Kolom

No	Tipe	Dimensi (cm)
1	K1	60x60
2	K2	50x50
3	K3	40x40

- Rangka Atap Baja

Tabel 6 Tipe Rangka

No	Struktur	Tipe
1	Rangka Kuda-Kuda	IWF 200.100.8.5,5
2	Gording	C 125.50. 2. 2,3

Tabel 7 Data Profil Struktur

Lantai	Struktur	Dimensi (cm)
Basement	Tie Beam Kolom	TB1 40x70 TB2 30x60 K1 60x60 K2 50x50
Lantai 1	Balok Kolom Pelat Lantai	G1 40x70 G2 30x60 Anak B1 25x50 B2 20x40 K1 60x60 K2 50x50 K3 40x40 12
Lantai 2	Balok Kolom Pelat Lantai	Induk G1 40x70 G2 30x60 Anak B1 25x50 B2 20x40 K1 60x60 K2 50x50 K3 40x40 12
Lantai 3	Balok Kolom Pelat Lantai	G1 40x70 G2 30x60 Anak B1 25x50 B2 20x40 K2 50x50 K3 40x40 12
Lantai 4	Balok Kolom Pelat Lantai	G1 40x70 G2 30x60 Anak B1 25x50 B2 20x40 K2 50x50 K3 40x40 12

b. Data spesifikasi material

- Beton :

Mutu K300, $f'_c = 24,9 \text{ Mpa}$

- Tulangan

D22, D19, D16, $f_y = 400 \text{ Mpa}$ Ø10, $f_y = 240 \text{ Mpa}$

- Baja Mutu BJ37, $F_y = 240 \text{ Mpa}$, $F_u = 370 \text{ Mpa}$ a.

1. Gambar Struktur Gedung

a) Denah Pondasi

b) Denah dan Dimensi Tie Beam Lantai Dasar

c) Denah dan Dimensi Balok Lantai 1-5

d) Denah dan Dimensi Kolom Lantai Dasar-Lantai 5

e) Detail Pelat

f) Detail Atap

2. Perhitungan pembebanan Beban Atap (Baja)

Profil Kuda-Kuda : IWF 200.100.8.5,5

Profil Gording : C 125.50.20.2,3

Jarak Antar Kuda-Kuda : 4 m

Jarak Antar Gording : 1,35 m

Penutup Atap: Zinclaumed (Baja Ringan)

1. Beban Hidup

- Berat sendiri orang+alat = 100 kg = 1 kN

- Pada Tepi = 50 kg = 0,5 kN

2. Beban Mati

a. Pada Tengah Join = 0,8044 kN

b. Pada Tepi = 0,4022 kN

3. Beban Angin

a. Angin Tekan = 0,0195 kN Pada Tepi = 0,00975 kN

b. Angin Hisap = 0,13 kN Pada Tepi = 0,065 kN (perhitungan detail terlampir)

Beban Struktur

1. Beban Hidup

Beban hidup yang didesain berdasarkan SNI 1727:2013

a. Lantai Dasar (Basement) Lahan Parkir = 1,92 kN/m²

□ Lantai 1-4

Koridor di atas lantai pertama = 3,83 kN/m²

□ Lantai 5

(Atap) Beban Hidup Atap = 1,00 kN/m²

2. Beban Mati

Beban mati terdiri dari berat sendiri elemen struktur dan berat mati tambahan.

- Berat sendiri elemen struktur yang terdiri dari kolom, balok, dan plat dihitung secara otomatis dalam ETABS dengan memberikan faktor pengali berat sendiri.

(self weight multiplier) sama dengan 1. Sedangkan, beban mati tambahan yang bukan merupakan elemen struktur seperti finishing lantai, dinding, partisi, dll., dihitung berdasarkan berat satuan (specific gravity) menurut Tata Cara PPURG 1983 atau peraturan tahun 1987.

III HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 13 Perbedaan data hasil analisis dan data proyek

STRUKTUR		Data Analisis		Data Proyek	
		Longitudinal	Geser	Longitudinal	Geser
Tie Beam (TB1)	Tump	3D22	ø10-200	4D22	ø10-150
	Lap	2D22	ø10-250	3D22	ø10-200
Tie Beam (TB2)	Tump	3D22	ø10-200	3D22	ø10-150
	Lap	2D22	ø10-250	3D22	ø10-200
Balok Induk (G1)	Tump	5D22	ø10-200	6D22	ø10-150
	Lap	3D22	ø10-250	3D22	ø10-200
Balok Induk (G2)	Tump	3D22	ø10-200	4D22	ø10-150
	Lap	2D22	ø10-250	3D22	ø10-200
Balok Anak (B1)	Tump	2D19	ø10-150	4D19	ø10-100
	Lap	2D19	ø10-200	3D19	ø10-100
Balok Anak (B2)	Tump	2D16	ø10-100	4D16	ø10-100
	Lap	2D16	ø10-150	2D16	ø10-150

DAFTARPUSTAKA

- Aries Saputra, 2017. Analisis Struktur Rumah Sakit Permata Cirebon. Universitas Swadaya Gunung Jati, Cirebon. Departemen Pekerjaan Umum (1987).
- Pedoman Peraturan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987). Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan , Bandung
- Departemen Pekerjaan Umum (2013). Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Struktur Gedung (SNI-1727 –2013). Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum (2013). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI –2847 –2013). Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung. Peraturan Undang – Undang No 8 tahun 2002 tentang Bangunan Gedung
- Yusuf, 2015. Analisis Perencanaan Gedung Aula dan Rektorat. Universitas Swadaya Gunung Jati, Cirebon. Sigit Nugraha, 2016.
- Analisis Perencanaan Gedung Kantor Samsat Kabupaten Kuningan Dengan Menggunaka SNI Beton 2013.
- Universitas Swadaya Gunung Jati, Cirebon. Subhan Manthofani, 2017.
- Analysis Structure The PT. Tempo Land Building. Universitas Swadaya Gunung Jati, Cirebon.
- Internet <http://www.puskim.go.id/> Situs Online PU (Pekerjaan Umum)
<http://www.perencanaanstruktur.com/> Analisis Struktur dengan Software ETABS