

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ada banyak alasan dilakukannya perkuatan struktur beton bertulang yaitu karena kurang pemahamnya dalam membangun konstruksi, adanya perubahan fungsi, adanya perubahan standar desain nasional dan adanya peningkatan kaidah desain serta adanya salah satu mitigasi bencana. Struktur yang digunakan mungkin tidak lagi memenuhi persyaratan standar yang ada, karena penggunaan kembali struktur untuk perluasan layanan seperti peninggalan budaya yang perlu untuk memperpanjang umurnya melalui penguatan. Perkuatan yang dimaksud adalah berupa perkuatan pada struktur yang sudah ada dan belum rusak.

Bencana alam terutama gempa bumi memang tidak dapat dihindarkan lagi, namun masih bisa diminimalisir kerugian yang dialami. Agar bangunan tetap aman, kolom (yang menerima gaya dari balok) harus lebih kuat dari balok, dan fondasi (yang menerima kekuatan dari kolom) harus lebih kuat dari kolom. Selanjutnya, koneksi antara balok-kolom dan kolom-pondasi tidak boleh gagal sehingga balok dapat dengan aman mentransfer kekuatan ke kolom dan kolom ke pondasi (Asroni, 2010).

Menurut Jensen, Hoang, Joergensen, dan Fabrin (2010), elemen beton bertulang dengan penampang lingkaran sangat sering digunakan dalam konstruksi teknik sipil, misalnya sebagai pondasi tiang pancang, kolom struktur bangunan beton bertulang, dan pilar jembatan. Bentuk penampang lingkaran memungkinkan elemen struktur memberikan respons yang sama untuk semua arah gaya dalam yang terjadi menurut (Wong, dkk., 1993). Elemen lingkaran sangat populer untuk desain dermaga jembatan, karena kesederhanaan konstruksi dan karena karakteristik kekuatannya di bawah angin dan beban seismik serupa di segala arah, seperti Gambar 1.1.



a

b

Gambar 0.1 Konstruksi yang menggunakan struktur beton berpenampang lingkaran

(sumber: a. <https://images.app.goo.gl/VOL3wmzjU3Boczs96>,
b. <https://968kpfm.co.id/uploads/berita/1672296386.jpg>)

Kolom berbentuk lingkaran cukup sering digunakan untuk jembatan dermaga dan harus dirancang untuk beban lateral akibat benturan atau dampak pengereman kendaraan di jembatan (Clarke dan Birjandi, 1993).

Bagian beton berlobang jauh lebih sedikit digunakan secara struktural daripada penampang padat. Hal ini juga dapat ditemukan di cerobong beton, pipa beton dan tangki air yang ditinggikan, serta di kolom jembatan besar dan anjungan lepas pantai (Turmo, dkk. (2009)). Penelitian tentang *Hollow Rectangular Pier* yang bertujuan untuk mereduksi kontribusi massa pilar/kolom terhadap respon seismik pada jembatan telah dilakukan oleh (Rahman, 2011); (Delgado et.al, 2013); Shen dan Wei (2019); dan Tonseth & Welchermill (2014).

Kapasitas geser elemen struktur beton bertulang berpenampang lingkaran telah diteliti oleh beberapa peneliti terdahulu ((Clarke & Birjandi, 1993); (Feltham, 2004); (Zararis, 2003)). Perilaku geser pada elemen berlobang juga sudah ada yang meneliti (Turmo dkk. (2009); Bernardo (2016)).

Sebagian besar penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan perilaku geser dan lentur balok beton bertulang pada umumnya yang difokuskan penampang persegi panjang (Thamrin, dkk., 2017).

Penggunaan pipa PVC pada kolom karena tuntutan estetika seperti instalasi listrik sering dilakukan penambahan lobang (rongga) pada kolom. Penambahan lobang (rongga) tersebut mengakibatkan terjadi pengurangan luas penampang kolom yang akan mempengaruhi kekuatan tekan kolom. Hal ini sering luput dari perhatian pihak perencana maupun pihak pelaksana karena menganggap penambahan lobang (rongga) tersebut adalah hal sepele. Jika tidak direncanakan dan dilaksanakan sesuai prosedur, penambahan lobang (rongga) tersebut bisa berakibat fatal terhadap bangunan tersebut. Pada SNI 03- 2847-2002 dinyatakan bahwa saluran dan pipa, bersama kaitnya, yang ditanam pada kolom tidak boleh lebih dari 4% luas penampang yang diperlukan untuk kekuatan (SNI 03-2847-2002). Studi eksperimental beton bertulang penampang lingkaran berlobang relatif sedikit, terutama jika dibandingkan beton bertulang penampang lingkaran dengan penampang padat.

Pelapisan kolom beton bertulang dengan material komposit *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) telah digunakan secara luas dan secara ekstensif dipelajari dalam dekade terakhir dalam bentuk jaket. Teknik perkuatan umum kolom biasanya bertujuan untuk meningkatkan keuletan. Beton yang di lapisi FRP akan meningkat kekuatan dan keuletannya. FRP sudah digunakan sejak 1980-an sebagai bahan yang untuk memperkuat struktur beton bertulang. FRP mudah diaplikasikan, rasio kekuatan terhadap berat, lapisan efektif dan membutuhkan perawatan yang sedikit (Dong, dkk.,2011); (Tonias, 1995); (Perkins, 1997); (Triantafillou & Plevris, 1992); (Ibrahim & Mahmood, 2009). Penggunaan polimer yang diperkuat serat (FRP) sebagai alternatif bahan penguat telah diterima di industri konstruksi. FRP memiliki kinerja luar biasa untuk beton yang memiliki rasio kekuatan yang sangat tinggi (10 hingga 15 kali dari baja), non-magnetik dan memberikan ketahanan terhadap korosi yang sangat baik yang dapat menyebabkan biaya siklus hidup yang lebih rendah (Erki & Rizkalla, 1993); (Bank, 1993).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengungkapkan bahwa FRP dapat digunakan sebagai alternatif bahan penguat dalam struktur beton (Thamrin, dkk. (2018); (Tajaddini, dkk., 2018); (Milani & Lourenco, 2013); Lee, J. H. Chacko, R. M. and Lopez, M. M. (2013) ; (Al-Qaralleh & Toutanji , 2018); (Jiao, dkk., 2014); (Ashraful, dkk., 2018); (Busnelli, dkk., 2017); (Daouadjia, dkk., 2016); (Hong & Park, 2016); (Abdesselam, 2015); (Hamid, Thamrin, dkk., 2014); (Hamid N. A., dkk., 2015) ; Hamid, N.A.A., Thamrin, R., Ibrahim, A., Hamid, H.A., (Salleh, Sam, Yatim, & Osman, 2014); (Thamrin, dkk. (2018); (Mohamed & Khattab, 2014) (Mohamed & Khattab, 2014); (Jayajothi, Kumutha, & Vijai, 2013); (Leung, 2002).

Thamrin (2016) mengusulkan model untuk memprediksi gaya tarik maksimum sengkang pada benda uji persegi. Prediksi gaya tarik pada sengkang masih pada penampang persegi.

Perilaku geser balok beton bertulang dengan penampang lingkaran berbeda dari balok dengan penampang persegi panjang. Meskipun digunakan secara luas, tidak ada standard saat ini yang membahas perhatian khusus pada elemen beton bertulang berlobang. Standar perhitungan kuat tarik strip CFRP pada penampang lingkaran berlobang juga belum ada ditemukan.

Beberapa standar tidak sepenuhnya ada dalam menghitung kapasitas geser pada beton bertulang dengan penampang lingkaran solid dan berlobang, juga pengaruh menggunakan sengkang dan CFRP pada penampang lingkaran berlobang. Keakuratan dari standar yang ada juga harus diuji keamanannya dengan validasi menggunakan studi eksperimental, hal ini disebabkan karena formulasi desain geser untuk penampang lingkaran dalam praktiknya berdasarkan pada formulasi desain geser untuk penampang persegi. Untuk itulah dilakukan penelitian kapasitas pada penampang lingkaran berlobang dalam studi ini, sehingga nantinya didapatkan bagaimana perilaku geser penampang lingkaran berlobang dan kapasitas geser kontribusi beton bertulang penampang

lingkaran yang tetap mengacu pada ACI 318-19 dan bagaimana kontribusi strip CFRP sebagai perkuatan geser pada elemen struktur berpenampang lingkaran berlobang yang di pasang .

1.2. Masalah Penelitian

Masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perilaku geser penampang lingkaran berlobang dengan perkuatan lembar CFRP dan kapasitas geser kontribusi beton bertulang penampang lingkaran berlobang belum ada sepenuhnya di standar.
2. Kontribusi strip CFRP sebagai perkuatan pada struktur penampang lingkaran berlobang.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis perilaku geser akibat pengaruh persentase lobang terhadap kapasitas geser struktur beton bertulang melingkar dengan perkuatan lembar CFRP. Secara rinci adalah sebagai berikut:
 - a. Identifikasi pola retak dan mode kegagalan yang terjadi pada benda uji dibandingkan dengan benda uji kontrol.
 - b. Pengaruh variasi diameter tulangan longitudinal terhadap kapasitas geser benda uji
 - c. Pengaruh luas lobang terhadap kapasitas geser benda uji
 - d. Membandingkan kapasitas geser kontribusi beton hasil eksperimental dengan formulasi kapasitas geser teoritis berdasarkan ACI-318 19
2. Menganalisis kontribusi strip CFRP sebagai perkuatan pada struktur penampang lingkaran berlobang secara rinci adalah sebagai berikut:

- a. Kapasitas geser dengan perkuatan CFRP dibandingkan dengan benda uji menggunakan sengkang pada penampang lingkaran
- b. Menghitung kuat tarik CFRP dan sengkang terhadap besarnya gaya geser yang dipikulnya pada penampang lingkaran berlobang.

1.4. Kontribusi Bagi Ilmu Pengetahuan

Kontribusi bagi ilmu pengetahuan pada penelitian ini, yaitu:

1. Perilaku geser penampang lingkaran berlobang tanpa sengkang, dengan sengkang dan tanpa sengkang dengan perkuatan lembar CFRP.
2. Kapasitas geser kontribusi beton bertulang penampang lingkaran solid dan berlobang.
3. Persamaan kuat tarik/ *tensile* pada sengkang dan strip CFRP pada elemen struktur dengan penampang lingkaran.

1.5. Manfaat Penelitian

Beberapa kegunaan atau manfaat dari penelitian yang akan dilakukan, sebagai berikut:

1. Memberikan solusi perhitungan kuat geser beton bertulang berpenampang lingkaran berlobang,
2. Memberikan informasi kuat tarik dari perkuatan strip CFRP yang bekerja pada elemen penampang lingkaran,
3. Memberikan solusi kepada pekerjaan struktur yang akan di bangun dikarenakan tuntutan estetika,
4. Memberikan solusi perhitungan kuat tarik pada strip CFRP yang memperkuat elemen struktur berpenampang lingkaran berlobang.
5. Sebagai acuan bagi masyarakat untuk penggunaan optimal strip CFRP