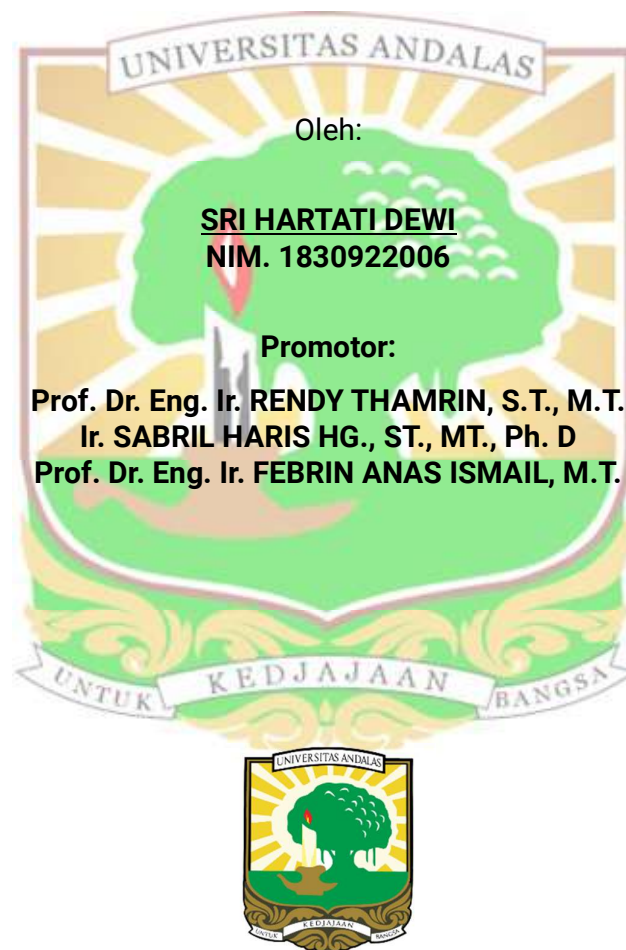


**STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU GESER ELEMEN BETON
BERTULANG BERPENAMPANG LINGKARAN BERLOBANG
YANG DIPERKUAT DENGAN STRIP CFRP**

DISERTASI



Oleh:

SRI HARTATI DEWI
NIM. 1830922006

Promotor:

Prof. Dr. Eng. Ir. RENDY THAMRIN, S.T., M.T.
Ir. SABRIL HARIS HG., ST., MT., Ph. D
Prof. Dr. Eng. Ir. FEBRIN ANAS ISMAIL, M.T.

**PROGRAM STUDI DOKTOR TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
2024**

**STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU GESER ELEMEN BETON
BERTULANG BERPENAMPANG LINGKARAN BERLOBANG
YANG DIPERKUAT DENGAN STRIP CFRP**

SRI HARTATI DEWI
NIM. 1830922006



Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Program Strata-3 pada Program Studi Doktor Teknik Sipil,
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

**PROGRAM STUDI DOKTOR TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
2024**

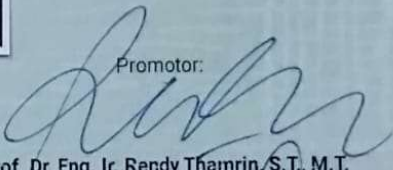
Persetujuan Komisi Pembimbing
Program Studi Doktor Teknik Sipil
Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Andalas

Studi Eksperimental Perilaku Geser Elemen Beton Bertulang
Berpenampang Lingkaran Berlobang Yang Diperkuat dengan
Strip CFRP

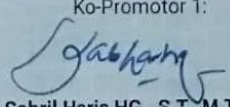


SRI HARTATI DEWI
NIM. 1830922006

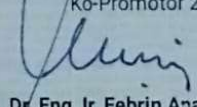
Promotor:


Prof. Dr. Eng. Ir. Rendy Thamrin, S.T., M.T.
NIP. 196908151994121001

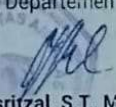
Ko-Promotor 1:


Ir. Sabril Haris HG., S.T., M.T., Ph. D
NIP. 197610012000121003

Ko-Promotor 2:


Prof. Dr. Eng. Ir. Febrin Anas Ismail, M.T.
NIP. 196302211988031002

Diketahui,
Ketua Departemen Teknik Sipil,


Yosritzal, S.T., M. T., Ph.D.
NIP.197402272000031001

Pengesahan Komisi Penguji

**Program Studi Doktor Teknik Sipil
Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Andalas**

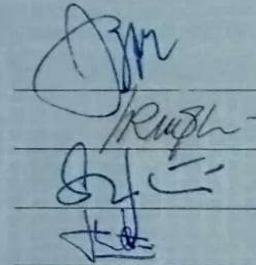
**Studi Eksperimental Perilaku Geser Elemen Beton Bertulang
Berpenampang Lingkaran Berlobang Yang Diperkuat dengan Strip
CFRP**

**Sri Hartati Dewi
NIM. 1830922006**

Disertasi ini telah diuji dan dipertahankan didepan komisi penguji pada hari Kamis tanggal 25 Bulan Juli tahun 2024 dengan hasil Dengan Sangat Memuaskan.

Komisi Penguji:

- 1 Prof. Dr. Eng. Ir. Jafril Tanjung, M. T.
- 2 Dr. Ruddy Kurniawan, S.T., M. T.
- 3 Ir. Jati Sunaryati, S. T., M. T., Ph. D.
- 4 Prof. Dr. Ir. Antonius. M. T.



ABSTRAK

Perkuatan terhadap konstruksi beton bertulang dapat terjadi dikarenakan adanya penyesuaian standar desain nasional. Perkuatan yang dimaksud adalah perkuatan pada konstruksi beton yang sudah ada. Beberapa standar tidak sepenuhnya ada dalam menghitung kapasitas geser beton bertulang dengan penampang lingkaran berlobang dan kontribusi strip CFRP sebagai perkuatan pada struktur penampang lingkaran berlobang. Studi eksperimental beton bertulang penampang lingkaran berlobang relatif sedikit dibanding dengan penampang solid. 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. Pada SNI 03-2847-2002 dinyatakan lobang yang ditanam pada kolom tidak boleh lebih dari 4% luas penampang yang diperlukan untuk kekuatan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui perilaku geser beton bertulang pada penampang lingkaran berlobang yang diperkuat strip CFRP. Penelitian berupa identifikasi pola retak dan mode kegagalan yang terjadi pada benda uji; pengaruh variasi diameter tulangan longitudinal; dan pengaruh luas lobang terhadap kapasitas geser; serta membandingkan nilai kapasitas geser beton hasil eksperimental terhadap formulasi kapasitas geser teoritis yaitu ACI 318-19 yang akhirnya didapatkan sebuah usulan koefisien baru; serta mengetahui kontribusi dari strip CFRP sebagai perkuatan geser pada elemen struktur berpenampang lingkaran berlobang.

Pada penelitian ini dibuat 36 (tiga puluh enam) benda uji, adapun variasinya adalah benda uji tanpa sengkang untuk mendapatkan kapasitas geser akibat kontribusi beton, benda uji dengan sengkang untuk memperlihatkan kondisi saat ini yang dipasang di lapangan dan benda uji tanpa sengkang dengan perkuatan lembar CFRP untuk mendapatkan pengaruh strip CFRP dalam memperkuat gaya geser. Benda uji berlobang dibuat 3 (tiga) variasi luas lobang yaitu 2,3% (< 4%); 6,4% dan 9,3% (> 4%) yang terletak di tengah sepanjang 1000 mm yaitu di daerah geser. Masing-masingnya ada variasi tulangan longitudinal yaitu D13, D16 dan D19. Pembebanan anti simetris. Pengecoran dengan menggunakan beton segar ready mix ke dalam bekisting berpenampang lingkaran dengan posisi tegak. Perkuatan menggunakan strip CFRP dengan cara membalut beton arah vertikal dua lapis dengan ukuran lebar 50 mm pada jarak yang sama dengan jarak antar sengkang yaitu 100 mm sepanjang bentang geser.

Benda uji tanpa sengkang mengalami gagal geser, sedangkan benda uji yang menggunakan sengkang dan yang diperkuat dengan strip CFRP mengalami gagal lentur. Peningkatan rasio tulangan longitudinal menyebabkan kebutuhan penampang akan gaya geser menjadi lebih meningkat. Persentase lobang pada penampang lingkaran mempengaruhi

gaya geser. Semakin besar diameter lobang, semakin berkurang nilai gaya geser. Peningkatan rasio luas lobang mengakibatkan benda uji mengalami penurunan gaya geser beton, Benda uji dengan rasio lobang hingga 9,3% masih memperlihatkan kondisi aman. Kapasitas geser beton eksperimen (V_{ce}) pada benda uji lingkaran solid dan berlobang masing-masing berkisar 75% dan 65,2% dari kapasitas geser beton teori (V_c) yang ditetapkan pada ACI 318-19. Regangan pada sengkang dan strip CFRP terjadi setelah retak pertama diagonal artinya strip CFRP dapat menahan gaya geser yang terjadi. Strip CFRP memberikan kontribusi yang cukup besar sebagai perkuatan geser. Pada penelitian ini juga di dapatkan usulan persamaan untuk menghitung gaya tarik atau tensile pada sengkang dan strip CFRP yang bekerja pada benda uji lingkaran.

Kata kunci: Kapasitas geser, perkuatan, strip CFRP, lingkaran, berlobang, rasio, sengkang.



ABSTRACT

Strengthening of reinforced concrete structures conducted due to adjustments to national design standards. This strengthening specifically targets existing concrete structures. Some standards are not fully comprehensive in calculating the shear capacity of reinforced concrete with circular hollow sections and the contribution of CFRP strips as strengthening in circular hollow sections. Experimental studies on reinforced concrete with circular hollow sections are relatively limited compared to solid sections. The accuracy of existing standards also needs to be tested for safety validation using experimental studies, as shear design formulations for circular sections are based on formulations for square sections. According to SNI 03-2847-2002, holes drilled in columns should not exceed 4% of the required cross-sectional area for strength.

Research was conducted to determine the shear behavior of reinforced concrete in circular hollow sections strengthened with CFRP strips. This research included identifying crack patterns and failure modes occurring in test specimens, the influence of longitudinal reinforcement diameter variations, the effect of hollow area on shear capacity, and comparing the experimental shear capacities of concrete with theoretical shear capacity formulations such as ACI 318-19, ultimately resulting in a proposal for a new coefficient. The study also aimed to assess the contribution of CFRP strips as shear strengthening in elements with circular hollow sections.

In this study, 36 specimens were prepared, including specimens without stirrups to determine shear capacity due to concrete contribution only, specimens with stirrups to simulate current field conditions, and specimens without stirrups reinforced with CFRP sheets to study the effect of CFRP strips in enhancing shear strength. Specimens with hollow were created with three hollow area variations: 2.3% (< 4%), 6.4%, and 9.3% (> 4%), centrally located along a 1000 mm length in the shear region. Each variation included longitudinal reinforcement variations of D13, D16, and D19. Loading was applied asymmetrically. Casting was done using fresh ready-mix concrete into vertical circular formwork. Strengthening wrapped the concrete vertically with two layers of 50 mm wide CFRP strips spaced at 100 mm intervals, similar to stirrup spacing, along the shear span.

Specimens without stirrups failed in shear, while those with stirrups and those reinforced with CFRP strips failed flexure. Increasing the longitudinal reinforcement ratio increased the shear force demand on the section. The percentage of hollows in circular sections affected shear force. Larger hollow diameters decreased shear force values. Increasing the hollow area ratio resulted in decreased concrete shear force. Specimens with hollow ratios up to 9.3% still exhibited safe conditions. Experimental concrete shear capacities (V_{ce}) for solid and hollowed circular specimens ranged

approximately 75% and 65.2%, respectively, of the theoretical concrete shear capacities (V_c) defined in ACI 318-19. Strain in stirrups and CFRP strips occurred after initial diagonal cracking, indicating that CFRP strips can resist shear forces effectively. CFRP strips provided significant shear reinforcement. The study also proposed equations to calculate tensile forces in stirrups and CFRP strips acting on circular test specimens.

Keywords: Shear capacity, strengthening, CFRP strips, Circular hollow, Stirrups

