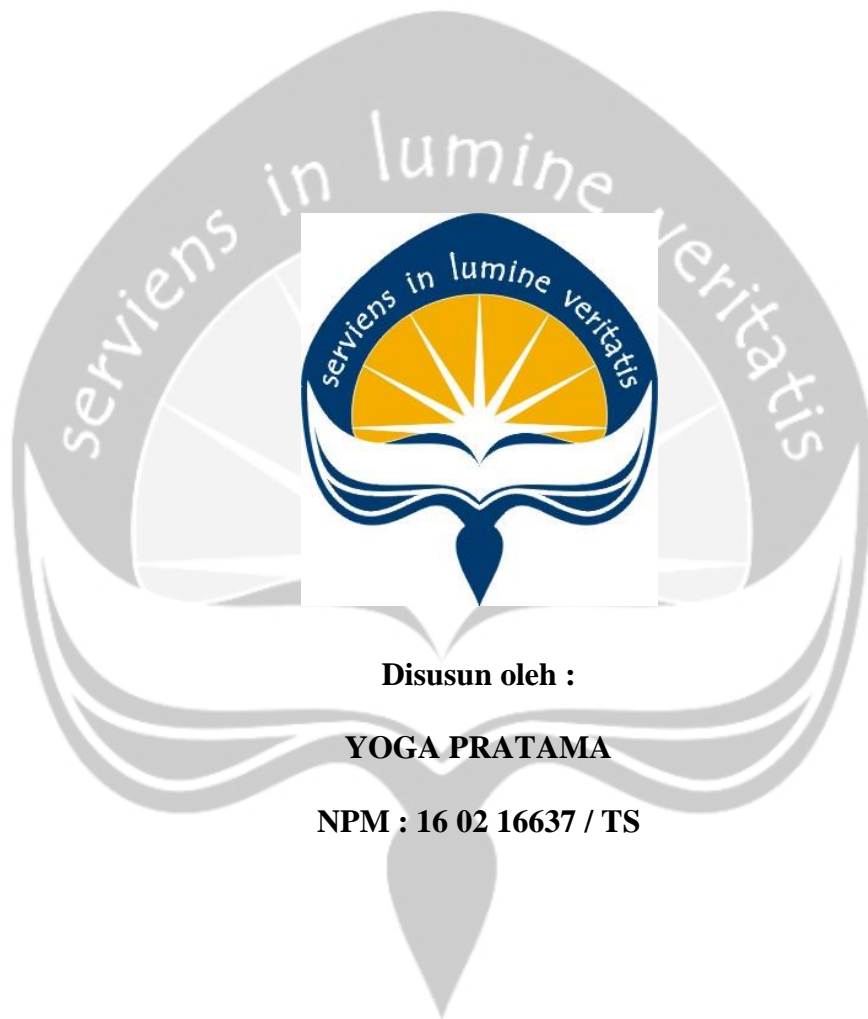


LAPORAN TUGAS AKHIR
“STUDI KOMPARASI PERILAKU LENTUR BALOK BETON
BERTULANG DENGAN PERKUATAN GFRP”



Disusun oleh :

YOGA PRATAMA

NPM : 16 02 16637 / TS

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

2020

PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

STUDI KOMPARASI PERILAKU BALOK BETON
BERTULANG DENGAN PERKUATAN GFRP

Oleh:

YOGA PRATAMA

NPM; 160216637 / TS

Telah disetujui oleh pembimbing

Yogyakarta, ²⁵ April 2020



(Dinar Gumilang Jati, S.T.,M.Eng.)

Disahkan oleh:



Ketua Program Studi Teknik Sipil

(Ir. AY.Harijanto Setiawan,M.Eng.,Ph.D.)

PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR




STUDI KOMPARASI PERILAKU BALOK BETON
BERTULANG DENGAN PERKUATAN GFRP

Oleh:

YOGA PRATAMA

NPM; 160216637 / TS

Telah Disetujui Oleh:

	Nama Dosen	(Tanda tangan)	Tanggal
Ketua	: Dinar GumilangJati, S. T.,M.Eng		20/4/2020
Anggota	: Angelina Eva Lianasari, S.T., M.T.		27/4/2020
Anggota	: J. Dwijoko Ansusanto. Ir., M.T., Dr		27/4.2020

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia yang telah diberikan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Studi komparasi perilaku lentur balok beton bertulang dengan perkuatan GFRP” tepat pada waktunya.

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini yaitu agar memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan program studi S1 dan mendapat gelar Sarjana Teknik (S.T) di program studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Adapun tujuan dan manfaat lain ialah agar mahasiswa dapat mengetahui maupun menguji secara langsung proses penelitian mengenai topik yang diuji serta memperluas pengetahuan serta standar kompetensi mahasiswa dalam memahami konsentrasi bidang yang dipelajari.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu baik pada saat penyusunan laporan maupun saat pelaksanaan kerja praktik di lapangan. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Eng. Luky Handoko, S.T., M.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak Ir. AY.Harijanto Setiawan,M.Eng.,Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Bapak Dinar Gumilang Jati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing yang banyak memberikan bimbingan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

4. Bagian Pengajaran Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah membantu dalam bidang administrasi.
5. Teman-teman fakultas yang membantu dalam tahapan analisis data serta penyusunan laporan Tugas Akhir

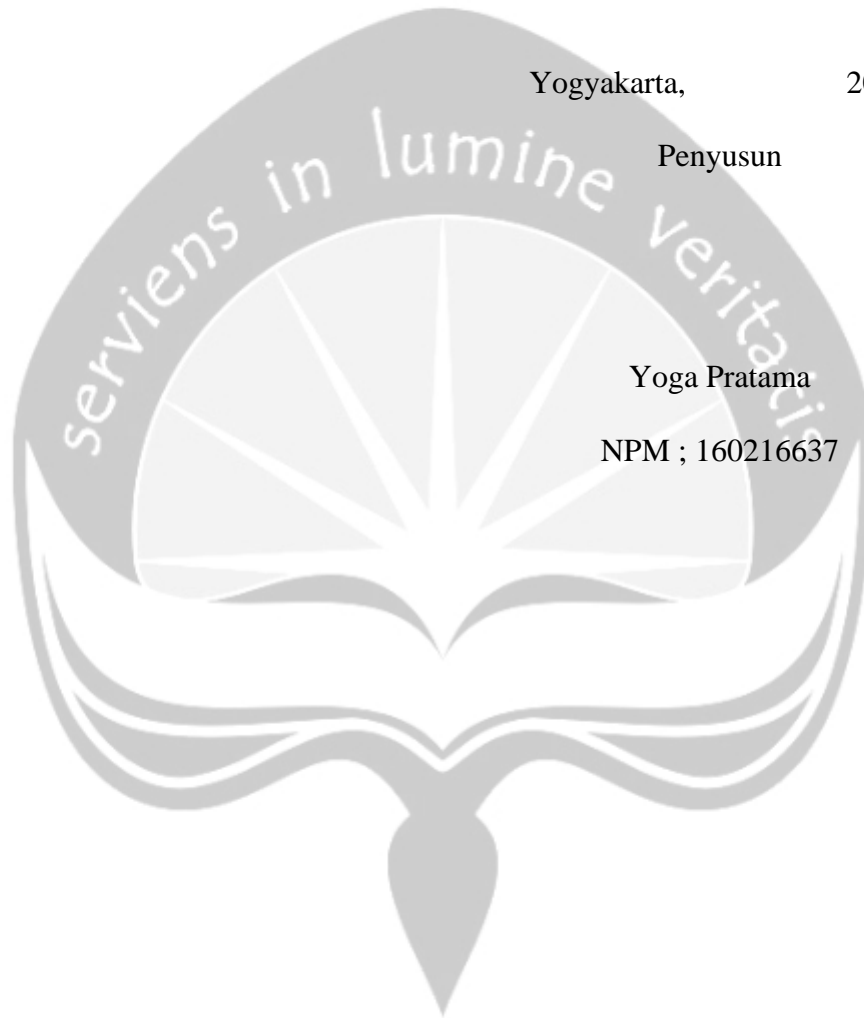
Yogyakarta,

2020

Penyusun

Yoga Pratama

NPM ; 160216637



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
INTISARI	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.5 Keaslian Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum	5
2.2 Perilaku balok beton bertulang dengan penambahan FRP.....	6
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 Beton	9
3.2 Bahan Penyusun Beton	11
3.2.1 Semen	11
3.2.2 Air	11
3.2.3 Kerikil	12
3.3 Glass Fiber Reinforced Polymer.....	12
3.4 Kuat Lentur Beton Bertulang.....	15
3.5 Kuat Lentur Perkuatan GFRP.....	17
3.6 Finite Element Method.....	19
3.7 Finite Element Analysis.....	20
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	
4.1 Rancangan Penelitian.....	29
4.2 Penetapan Model.....	29
4.3 Desain Penampang.....	30
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
5.1 Pemodelan LUSAS.....	33
5.2 Analisis Penampang (ACI).....	35
5.3 Lendutan Teoritis.....	38
5.4 Hasil Analisis.....	38
5.5 Pola Retak.....	41
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan	43
6.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Tipe FRP yang digunakan	5
Gambar 3.1	: Beton	9
Gambar 3.2	: Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)	12
Gambar 3.3	: Diagram tegangan regangan Balok	15
Gambar 3.4	: Perilaku balok beton bertulang dengan perkuatan lentur	17
Gambar 3.5	: Penampang balok yang diperkuat FRP	18
Gambar 3.6	: Element 1 Dimensi	24
Gambar 3.7	: Element 2 Dimensi	25
Gambar 3.8	: Element 3 Dimensi	25
Gambar 4.1	: Desain Penulangan Lentur balok beton bertulang	30
Gambar 4.2	: Desain Penampang Balok bertulang	31
Gambar 4.3	: Diagram alir prosedur penelitian	31
Gambar 4.4	: Diagram alir tahapan penelitian LUSAS	32
Gambar 5.1	: Pemodelan Geometri pada LUSAS	33
Gambar 5.2	: Pendefinisian properti material pada LUSAS	34
Gambar 5.3	: Pendefinisian kontrol beban pada LUSAS	34
Gambar 5.4	: Grafik perbandingan beban dan lendutan pada LUSAS	38
Gambar 5.5	: Perbandingan P Maksimum balok beton bertulang	40
Gambar 5.6	: Perbandingan Lendutan balok beton bertulang	41

INTISARI

STUDI KOMPARASI PERILAKU BALOK BETON BERTULANG DENGAN PERKUATAN

Yoga Pratama , NPM : 160216637 , Bidang Peminatan Studi Struktur , Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Balok merupakan salah satu elemen struktur pada bangunan yang mempunyai peran besar dalam menanggung beban yang ada. Balok pada umumnya didesain mampu menahan beban yang terjadi pada bangunan. Perencanaan balok disesuaikan dengan peraturan yang berlaku mengenai standar balok beton bertulang. Seiring dengan perkembangan peraturan mengenai perencanaan balok bertulang, tentunya memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan material tersebut dalam menahan beban yang terjadi. Peraturan tersebut tentunya disesuaikan berdasarkan kondisi alam maupun material yang lebih efisien. . Terlepas dari hal itu, adapun beberapa bangunan yang sekiranya butuh tambahan perkuatan dalam guna meningkatkan daktilitas maupun kuat lentur sehingga dapat berkesinambungan dengan peraturan terbaru.

GFRP (*Glass Fiber Reinforced Polymer*) merupakan bahan serat yang dapat dijadikan sebagai perkuatan dan telah terbukti dapat menambah kekuatan dari material yang dilekatkan dengan bahan ini. Pada penelitian ini, dilakukan studi perilaku lentur balok beton bertulang dengan perkuatan GFRP (*Glass Fiber Reinforced Polymer*) di bagian bawah permukaan benda uji. Metode penelitian dari studi ini dengan analisis penampang balok yang dilakukan untuk mengetahui kapasitas beban maksimal balok beton bertulang. Analisis penampang dihitung berdasarkan peraturan ACI (*American Concrete Institute*) 440. Geometri benda uji juga dimodelkan dengan software LUSAS untuk mengetahui perilaku lentur akibat pembebanan. Desain pembebanan terletak pada 2 titik di dekat tengah bentang dengan jarak antar bebannya 525 mm. Dari hasil pengujian laboratorium didapat beban maksimum yang mampu ditahan balok normal sebesar 20,5 kN, sedangkan balok dengan GFRP sebesar 45 kN. Dari hasil analisis penampang kapasitas maksimum balok normal sebesar 19,718 kN, sedangkan balok dengan GFRP sebesar 41,403 kN. Sedangkan hasil software LUSAS untuk beban maksimum balok normal sebesar 22,304 kN, sedangkan balok dengan GFRP sebesar 45 kN.

Kata kunci: Perkuatan GFRP, Balok lentur , LUSAS

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Konstruksi memegang peranan penting bagi kemajuan suatu bangsa, tak terkecuali Indonesia. Perkembangan konstruksi di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat seiring dengan berkembangnya teknologi dalam dunia pembangunan, terutama pada bangunan gedung. Berbagai macam penemuan maupun inovasi diterapkan pada sistem bangunan untuk meningkatkan kualitas maupun umur layan bangunan tersebut. Tentunya bangunan tersebut direncanakan memiliki ketahanan serta kualitas sesuai dengan desain yang telah ditentukan. Terdapat berbagai macam elemen struktur yang terdapat pada bangunan.

Beton merupakan salah satu dari elemen struktur. Campuran dari beton berasal dari agregat kasar, agregat halus serta air. Didalam struktur beton terdapat tulangan yang berasal dari baja ataupun besi yang berguna untuk memperkuat beton itu sendiri. Adapun tulangan ini mampu menahan gaya tekan maupun Tarik yang bekerja terhadap beton. Tentunya berbagai elemen yang terdapat dalam beton sendiri hanya dapat menahan beban sampai dengan skala tertentu. Penambahan beban secara berkala dapat menimbulkan keretakan atau kerusakan elemen structural ketika beban yang diterima mencapai kapasitas yang mampu ditahan elemen beton. Agar kerusakan itu

dapat diminimalisir diperlukan penambahan kekuatan eksternal. Salah satunya ialah dengan serat Gelas (*Glass Fiber Reinforced Polymer*)

GFRP merupakan tipe serat yang banyak digunakan sebagai kekuatan pada kolom maupun pelat pada bangunan. Bentuknya sendiri bermacam-macam, seperti lembaran maupun strip. Penerapan serat karbon pada elemen lentur Balok diharapkan dapat meningkatkan daktilitas maupun kuat geser nominal dari balok itu sendiri.

Penelitian tentang efek dan perilaku beton dengan kekuatan GFRP atau serat karbon setelah dikenai beban telah banyak digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku beton dengan kekuatan GFRP akibat pembebanan. Pada penelitian ini, dilakukan studi komparasi numerik dan teoritis atas perilaku balok beton bertulang normal dengan balok beton yang diperkuat GFRP atas studi eksperimen yang dilakukan sebelumnya. Analisis data yang dilakukan dengan perhitungan analisis penampang yang berstandar pada ACI committee serta pemodelan numerik dengan software LUSAS.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Dari penjelasan mengenai latar belakang yang telah tertulis, masalah yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana perilaku balok beton bertulang setelah diberi kekuatan GFRP yang diamati secara numerik dan teoritis?
2. Bagaimana analisis balok beton bertulang menggunakan standar ACI?

1.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah dari penelitian ini, ialah:

1. Struktur yang dijadikan sebagai bahan penelitian ada balok beton bertulang berdimensi 150 x 200 mm dengan tulangan tekan diameter 6 mm , serta tulangan tarik diameter 10 mm
2. GFRP yang digunakan dalam penelitian adalah tipe Tyfo® BC *Composite*.
3. Analisis perilaku balok beton bertulang dengan perkuatan fiber didasarkan pada peraturan ACI committee 440.

1.4 MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN

Maksud dari penelitian ini ialah sebagai prasyarat menyelesaikan studi Sarjana Teknik di Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Adapun tujuan dari penelitian ini, ialah:

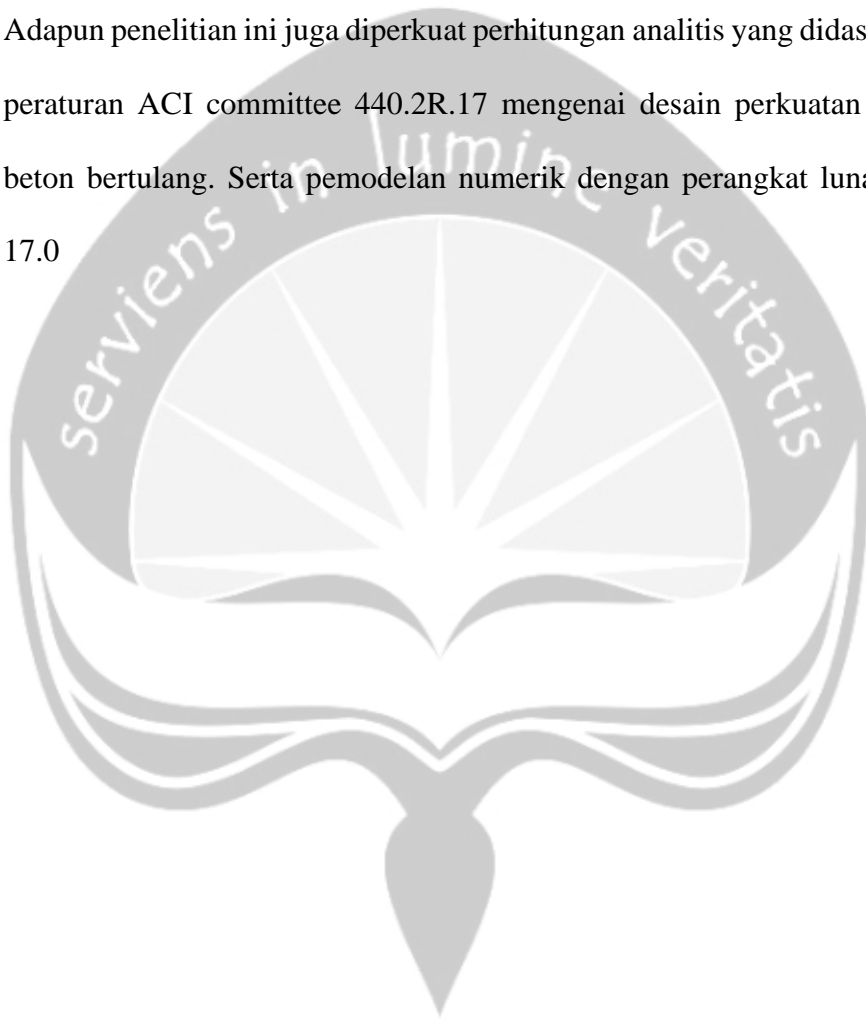
1. Mengkaji pengaruh penambahan perkuatan GFRP terhadap balok beton bertulang
2. Mengetahui perilaku balok beton bertulang yang diperkuat dengan GFRP dengan uji secara analitis maupun dengan software
3. Dapat melakukan analisis balok beton bertulang dengan standar yang telah ditentukan oleh ACI committee.

1.5 KEASLIAN PENELITIAN

Penelitian ini meneruskan penelitian yang sebelumnya, yaitu:

Duhri, A. P. (2013). *Studi pengaruh GFRP terhadap kuat lentur balok beton bertulang*. Fakultas Teknik , Universitas Hasanuddin, Makassar.

Adapun penelitian ini juga diperkuat perhitungan analitis yang didasarkan pada peraturan ACI committee 440.2R.17 mengenai desain perkuatan FRP pada beton bertulang. Serta pemodelan numerik dengan perangkat lunak LUSAS 17.0

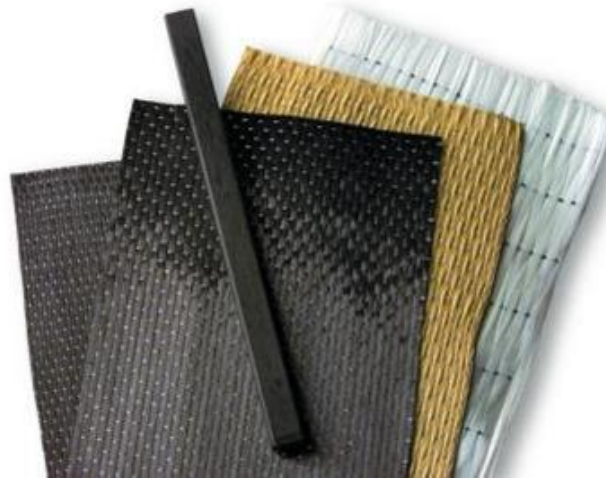


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Konstruksi balok memegang peranan penting dalam kestabilan sebuah struktur, umumnya balok tersebut dirancang sesuai dengan standar dan kebutuhan, dan diusahakan tidak mengalami retak akibat gaya yang terjadi. Untuk mencegah hal tersebut, diberikan perkuatan struktur. Perkuatan struktur memiliki beberapa jenis, baik itu eksternal maupun internal. Salah satu contoh perkuatan eksternal adalah penggunaan FRP. FRP sendiri memiliki beberapa kelebihan antara lain beratnya yang lebih ringan, sehingga tidak menimbulkan penambahan beban mati yang besar selain itu FRP juga memiliki durabilitas sehingga dapat dibentuk menjadi bentuk apapun.



Gambar 2.1 Jenis FRP yang sering digunakan

Saat ini, penggunaan FRP semakin sering digunakan untuk perkuatan struktur. System perkuatan ini di letakkan pada permukaan luar elemen struktur lalu

direkatkan dengan epoxy. Perkuatan dengan sistem ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas lentur maupun geser dari elemen struktur.

Berbagai macam sistem perkuatan seperti contoh perkuatan struktur dengan pelat baja, namun karena terlalu banyak kelemahan serta resiko peneliti lebih mengajurkan perkuatan dengan FRP. Adapun berdasar dari penelitian yang pernah diuji, perkuatan struktur dengan FRP memiliki hasil yang sesuai dengan harapan, kapasitas lentur maupun geser dari elemen struktur bertambah seiring dengan pemberian FRP.

FRP dapat digunakan sebagai penambah kapasitas lentur maupun geser dari balok, kolom, maupun pelat lantai. FRP yang berbentuk menyerupai lembaran (*sheet*) atau batangan (*stripes*) dapat diberikan pada balok atau plat yang mengalami peregangan tegangan lentur. Adapun FRP dapat diletakan di sisi balok untuk perkuatan geser. Penggunaan FRP pada kolom yaitu pada sisi luar, selain dapat meningkatkan kuat, dapat meningkatkan daktilitas kolom.

Pada umumnya penggunaan FRP lebih populer karena cukup banyak keuntungan yang didapat seperti bobot unit yang kecil, mudah untuk diaplikasikan, serta biaya pemeliharaan yang relative rendah. Kerugian penggunaan FRP sebagai perkuatan antara lain harganya yang relative mahal. Namun pada kondisi apapun penggunaan FRP merupakan pilihan yang paling ekonomis dalam perkuatan struktur karena dapat menekan biaya tenaga kerja.

Pada penelitian ini, FRP dimodelkan dengan bahan dasar serat Gelas (*Glass Fiber Reinforced Polymer*) dengan perlakuan sebagai perkuatan lentur balok beton bertulang.

2.2 Perilaku Balok beton bertulang dengan penambahan FRP

Duhri, A.P. (2013) melakukan penelitian mengenai penambahan perkuatan GFRP pada bagian lentur, terjadi penambahan kapasitas beban maksimum sebesar 122% pada beton normal serta 145 % pada beton dengan 1 lapis GFRP.

Utami (2019) pernah melakukan penelitian mengenai perilaku balok beton bertulang yang diperkuat dengan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP). Benda uji balok berupa specimen berdimensi 150 x 250 x 2700 mm. dengan diperkuat CFRP dengan Panjang 600 mm. hasil penelitian didapatkan bahwa terdapat penambahan kapasitas lentur balok bertulang sebesar 13% serta peningkatan daktilitas pada balok.

Pratiwi, J dan Triwiyono, A (2003) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa kolom dengan perkuatan carbon fiber jacket yang direkatkan mengelilingi kolom dapat menahan beban lateral sebesar 75,566% dari kolom biasa. Barlian, E (2015) meneliti mengenai tinjauan kontribusi lembaran CFRP terhadap kekuatan geser pada balok langsing, Analisa penelitian ini berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2002 dan metode ACI yang diterapkan pada empat buah benda uji. Dari hasil perhitungan, diperoleh bahwa lembaran CFRP dapat meningkatkan kuat geser balok dibanding balok tanpa perkuatan. Jader, A.M.S dan Alqam, M. (2017) melakukan penelitian mengenai perlakuan lentur dan geser Deep Beam yang diperkuat oleh CFRP di bagian permukaan beton, specimen ini dibagi menjadi 2 Group dengan penulangan yang berbeda. Masing-masing group diberi perkuatan pada daerah lentur dan geser serta bentuk FRP yang berbeda. Pada input hasil, diperoleh 2 Group specimen tersebut mengalami kenaikan yang cukup signifikan

pada kuat tekan. Dapat disimpulkan juga bahwa perekatan CFRP sheets pada bentang balok lebih efektif dalam menaikkan momen lentur dibanding perekatan CFRP *laminates*.

Marimis, A.I. (2014)) dalam penelitiannya mengenai penambahan perkuatan fiber dengan bahan *Glass*, mendapati bahwa ada penambahan kapasitas lentur setelah adanya pemberian perkuatan lentur. Adapun dalam penelitian ini, pemodelan dilakukan dengan FEM LUSAS 14.0 . penelitian ini merupakan hasil komparasi antara uji laboratorium dengan hasil pemodelan dengan finite element method, hasil mendapati bahwa tidak terdapat perbedaan yang jauh antara pengujian balok beton di lab dengan pemodelan di FEM LUSAS 14.0 . hal ini dapt dilihat dari grafik lendutan serta beban yang terjadi. Namun ia juga menegaskan bahwa hasil analisis pemodelan di LUSAS lebih *brittle* (Rapuh) dibanding hasil eksperimental, oleh karena itu membutuhkan analisis yang lebih lanjut untuk penggunaan tombol dari LUSAS

BAB VI

Penutup

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis penampang serta pemodelan secara numerik balok beton normal dan balok beton dengan perkuatan 1 lapis GFRP, maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas beban maksimal balok normal yang dianalisis berdasar peraturan ACI 440 sebesar 19,178 kN , sedangkan hasil pemodelan LUSAS sebesar 22,3037 kN.
2. Kapasitas beban maksimal balok beton dengan perkuatan GFRP, yang dianalisis berdasar peraturan ACI 440 sebesar 41,403 kN, sedangkan hasil pemodelan LUSAS sebesar 47,9493 kN.
3. Lendutan maksimum balok beton normal hasil eksperimen sebesar 15,97 mm sedangkan hasil pemodelan LUSAS sebesar 13,0356 mm
4. Lendutan maksimum balok beton dengan perkuatan GFRP hasil eksperimen sebesar 37,7 mm sedangkan hasil pemodelan LUSAS sebesar 40,1074 mm
5. Penambahan GFRP dapat meningkatkan momen lentur nominal serta kapasitas beban maksimum balok normal maupun balok dengan perkuatan GFRP
6. Dari hasil pemodelan LUSAS, didapat kapasitas beban maksimum yang lebih besar daripada hasil eksperimen

6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis penampang serta pemodelan secara numerik, maka dapat disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Untuk pemodelan selanjutnya dapat dilakukan dengan 3D sehingga balok beton dapat dilihat lebih jelas
2. Parameter yang belum terdapat dalam persamaan ACI lebih dilengkapi lagi sehingga tingkat keakuratan analisis lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

- ACI.committee 440.2R-17, 2017. *Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures*. American Concrete Institute. U.S.A
- Barlian, E. (2015). *“Tinjauan Kontribusi Lembaran Carbon Fiber Terhadap Kekuatan Geser pada Balok Langsing”*. Universitas Negeri Medan.
- Duhri, A. P. (2013). *Studi pengaruh GFRP terhadap kuat lentur balok beton bertulang*. Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar
- Jader, A.M.S dan Alqam, M. (2017) *“Shear and Flexural Behaviour of Reinforced Concrete Deep Beams Strengthened with CFRP Composites”*. University of Jordan.
- Kachlakev, D. (2001). *Finite Element Modeling of Reinforced Concrete Structures Strengthened with FRP Laminates*. California Polytechnic State University, San Luis Obispo. United States of America.
- Kachlakev, D , McCurry, D.D. (2000). *Behaviour of full-scales reinforced concrete beams retrofitted for shear and flexural with FRP Laminates*.
- Maramis , A. I. (2014). *Pemodelan Rekatan GFRP pada balok beton menggunakan LUSAS 14.0*
- Sudjati, J dan Triwiyono, A (2003) *“Perkuatan Kolom Beton Bertulang dengan Carbon fiber Jacket”*. Jurnal Teknik Sipil Vol 3 No.2, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- Utami (2019). *“Pengaruh Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) terhadap Balok Beton Bertulang”*. Universitas Selamat Sri.